



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Industrial

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

Modelo de gestión de la información del mantenimiento de la flota de pesca en una empresa del Perú

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Edgar Luciano QUISPE CUADROS

ASESOR

Julio REYNA RAMOS

Lima, Perú

2013

DEDICATORÍA

A mis queridos padres Laureana y Fortunato por todo el apoyo, amor y comprensión que me han dado en las épocas buenas y difíciles, siempre los tendré presente.

A mis hermanos Julio, Gustavo y Lander que siempre me brindaron parte de su tiempo para apoyarme en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A dios por todas las cosas buenas que me ha pasado y he logrado en la vida.

A mi asesor de tesis el Ing. Julio Reyna Ramos quien me direccionó, asesoró y me brindó su tiempo en la culminación de la tesis.

A mis profesores de la Facultad de Ingeniería Industrial UNMSM por el apoyo brindado y los consejos que me dieron durante mi formación profesional.

A los jefes que he tenido en las diferentes empresas que laboré, gracias por todos los permisos y sus sabias palabras.

A todas aquellas personas familiares y amistades con los cuales he compartido buenos momentos y me apoyaron cada vez que lo necesitaba.

A todos ellos muchas gracias.

INDICE

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	10
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	11
1.2. JUSTIFICACIÓN.	13
1.3. ALCANCE.	16
1.4. LIMITACIONES.	17
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.	19
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.	19
1.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.	19
1.6. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	22
2.1.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	23
2.1.2. MANTENIMIEMTO PREVENTIVO.	23
2.1.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	23
2.1.4. POKA YOKE COMO MEDIDA DE MEJORA CONTINUA.	23
2.2. BASES TEÓRICAS.....	25
2.3. ETAPAS DE LA EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	26
CAPÍTULO III: EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
3.1. FLUJOGRAMA MEJORADO DEL PARTE DE DISCREPANCIA.	29
3.2. SOFTWARE DISEÑADO PARA CCM.....	33
3.3. EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE UNA OBRA DE MANTENIMIENTO.....	44
3.3.1. ADMINISTRACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA OBRA.....	44
3.3.2. COMPROBACIÓN DE RESULTADOS CON LINGO 11.0.....	77
3.3.3. ASIGNACIÓN DE RECURSOS APLICANDO EL MÉTODO DE SHAFFER.....	84
3.3.4. MICROSOFT PROJECT COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN.....	88
3.4. COSTO DE EJECUCIÓN DE UNA OBRA DE MANTENIMIENTO.....	91
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES EN OBRA.....	93
4.1. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD.....	94
4.2. ENJARETADO DE CUBIERTA.	95
4.3. CALIBRACION DE CASCO.	96
4.4. PINTURA DE CASCO.	101

4.5.	MANTENIMIENTO DEL MOTOR Y CAJA REDUCTORA.....	103
4.6.	MANTENIMIENTO DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO.....	104
4.7.	ESTUDIO DE FLOTABILIDAD.	105
4.8.	GESTIONANDO EL MANTENIMIENTO MEDIANTE EL SISTEMA SAP.....	107
CAPÍTULO V: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		110
5.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	111
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO		112
6.1.	ESTIMACIÓN DE AHORRO EN PROCESAMIENTO DE PD.....	113
6.2.	ESTIMACIÓN DE COSTO DEL SOFTWARE.....	118
6.3.	EVALUACIÓN ECONÓMICA (VAN Y TIR).....	122
CAPÍTULO VII: IMPACTO CUANTITATIVO RESPECTO A LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO.		124
CONCLUSIONES		128
RECOMENDACIONES.....		130
BIBLIOGRAFÍA		132
ANEXOS.....		134
ANEXO 1. MATRIZ DE KRALJIC		134
ANEXO 2. GLOSARIO		135
ANEXO 3. ESTUDIO DE FLOTABILIDAD.		139
ANEXO 4. TABLA DE DISTRIBUCION NORMAL.....		152

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. El PBI del sector pesquero respecto a otras actividades.	18
Ilustración 2. Flujograma de ejecución del estudio.	27
Ilustración 3. Formato de Parte de discrepancia.	29
Ilustración 4. Otros formatos usados en el área	30
Ilustración 5. Flujograma de información de PD.	31
Ilustración 6. Contenido de la celda de la matriz	35
Ilustración 7. Formulario para el ingreso de la data.....	37
Ilustración 8. Código de programación en VBA-Excel 2007	39
Ilustración 9. Triángulo del proyecto	44
Ilustración 10. Diagrama de Red.....	57
Ilustración 11. Probabilidad para un $Z=0.683$	61
Ilustración 12. Duración del proyecto con una Probabilidad del 95%.....	62
Ilustración 13. Diagrama de Red con Holguras	70
Ilustración 14. Actividades que pertenecen a la ruta crítica.....	73
Ilustración 15. Formulación de programa en <i>LINGO 11.0</i>	78
Ilustración 16. Resultados de comprobación con <i>LINGO 11.0</i>	79
Ilustración 17. Diagrama de Gantt.	89
Ilustración 18. Ruta Crítica.....	90
Ilustración 19. Estadística del proyecto.....	92
Ilustración 20. Manómetro indicando una presión en el tanque de 3 PSI	95
Ilustración 21. Operario reacomodando el enjaretado	96
Ilustración 22. Calibración de casco	98
Ilustración 23. Espesores de la plancha en los patines y fondo del casco.....	99
Ilustración 24. Espesores de mamparos y cubiertas	100
Ilustración 25. Panga antes de la pintura.....	102
Ilustración 26. Panga después de la pintura.....	102
Ilustración 27. Instalación de motor diesel en la Panga.....	104

Ilustración 28. Sistema de propulsión y gobierno	105
Ilustración 29. Prueba de flotabilidad	106
Ilustración 30. Indicadores de desempeño.	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de la data de embarcaciones	34
Tabla 2. Cantidad de PD que llega por cada puerto.....	36
Tabla 3. Estadística de entrega de los PD.....	38
Tabla 4. Tiempos por actividad	46
Tabla 5. Varianzas.	55
Tabla 6. Ruta crítica	59
Tabla 7. Holguras.	71
Tabla 8. Recursos disponibles	86
Tabla 9. Distribución de recursos por actividad	87
Tabla 10. Estructura de una embarcación en sistema SAP.	108
Tabla 11. Sub estructuras de una embarcación en sistema SAP	109
Tabla 12. Tiempo de procesamiento antes de la mejora.....	113
Tabla 13. Tiempo de procesamiento después de la mejora.....	114
Tabla 14. Comparando valores.....	114
Tabla 15. Tiempo de consultas	116
Tabla 16. Ahorro anual.....	117
Tabla 17. Estimación de costo del software	121
Tabla 18. Costo de implementación.....	122
Tabla 19. Costo de investigación.	122
Tabla 20. Costo de movilidad.....	122
Tabla 21. Costo de inversión.	123
Tabla 22. Cálculo del VAN y el TIR.....	123

INTRODUCCIÓN

El Perú siempre fue reconocido como un país pesquero, se sabe por historia que las extracciones de especies marinas en nuestro litoral fue el más abundante y rico de todos los mares, pese a que antes hubo una extracción descontrolada nuestro Mar de Grau se vio amenazado por la extinción de algunas especies de peces como la sardina y el atún. Felizmente hoy existen normas y controles que el gobierno a través del IMARPE (Instituto del Mar Peruano) implementa a fin de no caer de nuevo en esta crisis para eso pone en veda algunas especies usadas como materia prima. Las empresas pesqueras siempre han estado mejorando su tecnología, este viene creciendo debido a que se vive una economía sólida y con constante crecimiento, los recursos naturales que posee el país y una ubicación geográfica estratégica para realizar el comercio con otros países lo hacen uno de los favoritos de los empresarios en Sudamérica. Por estas mismas razones es que se apuesta tanto en el país sobre todo en el sector pesquero.

En el Perú se practican dos tipos de pesca, la pesca artesanal destinada al consumo humano utilizando para ello botes, chalanas y embarcaciones tradicionales para luego ser llevadas a los puertos y caletas del litoral costero, también se practica la pesca industrial destinada a la fabricación de conservas, harina de pescado y aceite de pescado el cual la especie usada como materia prima es la anchoveta y tiene dos temporadas de pesca al año, utilizando para

ello embarcaciones de gran tamaño como las bolicheras y barcos de arrastre con bodegas que suelen superar las 500 Toneladas.

Para poder realizar la extracción de estos recursos se deben de poseer toda la logística y equipos necesarios tanto trabajadores como máquinas y en completo estado de operatividad. Las empresas de este rubro por lo general tienen una flota de barcos y una o más plantas procesadoras de pescado.

La presente investigación toma el nombre de “Modelo de Gestión de la Información del Mantenimiento de la Flota de Pesca en una Empresa del Perú” porque justamente simplifica todas las actividades que se deberán hacer para realizar una buena gestión del flujo de la información del mantenimiento de la flota de pesca. Este es un conjunto de mejoras y alternativas de solución ante una problemática que se suelen dar en el campo del mantenimiento de barcos pesqueros, su aplicación puede darse total o parcialmente dependiendo de la empresa al que se está estudiando el proceso, estas alternativas de solución comprenden desde que se realiza la documentación, llenando unas hojas con formatos llamados partes de discrepancia(en adelante llamaremos PD) para el posterior archivamiento en forma digitalizada el cual se hace bien efectiva en la búsqueda de documentación, la realización de las obras de mantenimiento correctivo y preventivo con una secuencia de actividades bien detallada de las máquinas y equipos, hasta obtener el costo beneficio que implica aplicar estas mejoras.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El problema de la información que se maneja en el área de mantenimiento de la flota pesquera de la empresa, radica básicamente en temas administrativos en el cual toman mucho tiempo en gestionar, desde la recepción hasta el archivamiento. La documentación de los PD es tanta que los tiempos están muy ajustados a eso se le suma la falta de orden en los procesos documentarios lo que lo hacen muy engorroso, otro gran problema es que la entrega de las obras de mantenimiento no tiene fecha de término y hace falta las mejoras de métodos, retrasándose muchas veces los trabajos y perdiendo horas hombre que bien pueden ser utilizados. Con todo esto no se puede tener un control adecuado para manejar y resolver los problemas que se presentan, para esto se tomó como referencia la gestión que realiza el área del Centro de Control de Mantenimiento (en adelante llamaremos CCM) esta es un departamento que está relacionada con todas las áreas y es partícipe de las documentaciones sobre todo el PD que es el más importante. Todo se inicia con una avería en la embarcación el cual puede catalogarse de emergencia o de urgencia, cuando esto sucede el motorista de la embarcación llena el formato PD, este formato es llenado todos los días que haya o no avería, es decir si no hay avería en todo el día de jornada en el formato se pondrá sin novedad, luego este formato deberá ser entregado en los puertos que tiene la empresa para realizar sus operaciones, el formato se deja en una bandeja y es recibido por un personal llamado radio operador bahía este a su vez entrega todos los

PD a un supervisor que está a cargo de algunas embarcaciones según asignado por el superintendente de mantenimiento de la flota pesca. Estos documentos deberían ser atendidas el mismo día que se entregan los formatos pero por razones de falta de coordinación y tiempo no se tiene un control exacto de todos los formatos que tengan alguna novedad en los puertos y que deberían llegar a la oficina del CCM vía email escaneados o por servicio de *Courier*, estos formatos contienen información valiosa porque presentan las condiciones o el estado de las máquinas y equipos y que actualmente por demasiados trámites muchas veces engorrosos no se llegan a revisar todos, quedando siempre pendientes que ya se van acumulando con el pasar de los días es ahí cuando se pierde el control de la información.

El otro gran problema es el retraso de los tiempos de entrega de las obras de mantenimiento por parte del servicio prestado de terceros que se realizan a las Pangas luego de ser varadas, expresado de otra manera, no se tiene un control y no se hace seguimiento adecuado de los trabajos. Por ejemplo cuando llega una Panga al taller de mantenimiento, el supervisor luego de la inspección desconoce la fecha que debería terminar la obra ocasionando tiempos muertos improductivos mermando la calidad del trabajo, paros imprevistos y sobre costos. La falta de los conocimientos repercute en la productividad y crecimiento del área y la empresa en general. Habiendo notado estas oportunidades de mejora para su control y análisis se realizaron paulatinamente las mejoras.

1.2. JUSTIFICACIÓN.

El presente trabajo de Investigación propone una serie de posibilidades de soluciones aplicando una buena gestión a la información de mantenimiento al sector pesquero usando las herramientas de la investigación de operaciones, programación, algoritmos, estadística, mejora de métodos, entre otros. Lo que se busca es dar soluciones que estén dentro del Plan de Competitividad de la empresa para un desarrollo más Integral y Competitivo del sector industrial pesquero. El potencial humano en nuestros días es muy importante para el logro de la competitividad de los diferentes sectores con los que cuenta el País, y la complejidad que caracteriza a este sector en el mundo actual obliga al análisis integral y aplicación de políticas de logros a largo plazo. Las empresas del sector pesquero en particular la actividad extractiva en nuestro país se encuentran dentro de los desafíos que impone la globalización, es urgente que estas sean más competitivas, estar operando en condiciones de alto riesgo como lo es el mar peruano donde cada vez los pescadores tienen que ir a la mar haciendo más horas de viaje en alta mar en busca de la materia prima. Estos viajes extensos aumentan los costos por mover una embarcación y la poca pesca de anchoveta baja la productividad y reduce los márgenes de ganancia; para poder contra restar esto es necesario hacer una buena faena de pesca, significa no solo de llenar las bodegas de los barcos sino también que las embarcaciones tienen que estar en perfecto estado de operatividad con su mantenimiento correctivo y preventivo controlado

ya que de lo contrario van a tener problemas mecánicos lo que su eficiencia limitará su capacidad de productividad y participación en las faenas de pesca.

Este propósito ha permitido trabajar directamente con personas involucradas del área de mantenimiento, especialmente con el área del centro de control de mantenimiento (CCM). En esta etapa de cambios, las empresas de este rubro buscan elevar índices de productividad y eficiencia mediante la capacitación y asesoría a su personal involucrado aplicando formas de integración y buen clima laboral que posibiliten la participación directa e indirecta del Recurso Humano que integran las organizaciones.

En la búsqueda de un mejor servicio por parte del personal de operaciones como técnicos e ingenieros para que generen una mayor participación en el campo y busquen la competitividad dentro de su sector. Este modelo servirá para aplicar los conocimientos mediante la incorporación de la tecnología del software, en los procesos de las construcciones y reparaciones navales, basado en el papel que desempeñan las inversiones en el avance tecnológico que pueda alcanzar una empresa, puesto que para adquirir maquinarias y equipos y mejorar los procesos de servicio en reparaciones requiere de capital. El presupuesto asignado a cada embarcación tiene que ser utilizado como un elemento que dinamiza el desarrollo de las demás áreas involucradas y ser aprovechado al máximo a través de programas de capacitación y asistencia tecnológica para permitir el fortalecimiento de

la empresa en un proceso de aprendizaje y de asimilación de conocimientos y transferencias tecnológicas.

Hay que considerar que las empresas en general que se dedican a esta actividad al igual que los proveedores en razón a sus características de flexibilidad y posibilidad de rápida adaptación a las exigencias del mercado representan un sector estratégico para la reactivación de la economía generando fuentes de trabajo y oportunidad de desarrollo para muchos. Para que el sector pesquero se encuentre en una posición competitiva en el mercado externo se requiere del concurso no solo de empresarios dinámicos, modernos y programas orientados a la capacitación, consolidación y expansión de mercados.

Ganar la Competitividad en una economía Globalizada, es un factor de sobrevivencia empresarial, esta es la razón fundamental para incorporar el uso de tecnología en el sector pesquero ya que en las últimas décadas se trabajan con tecnologías de punta como los radares, ecosonda, radios de comunicación de largo alcance para reducir los costos y alcanzar niveles de calidad internacional mediante la diversificación de la producción. Un buen plan de mantenimiento busca fortalecer la relación hombre-máquina en el quehacer cotidiano y los sectores empresariales y los socios estratégicos son las herramientas de un Plan de Competitividad.

1.3. ALCANCE.

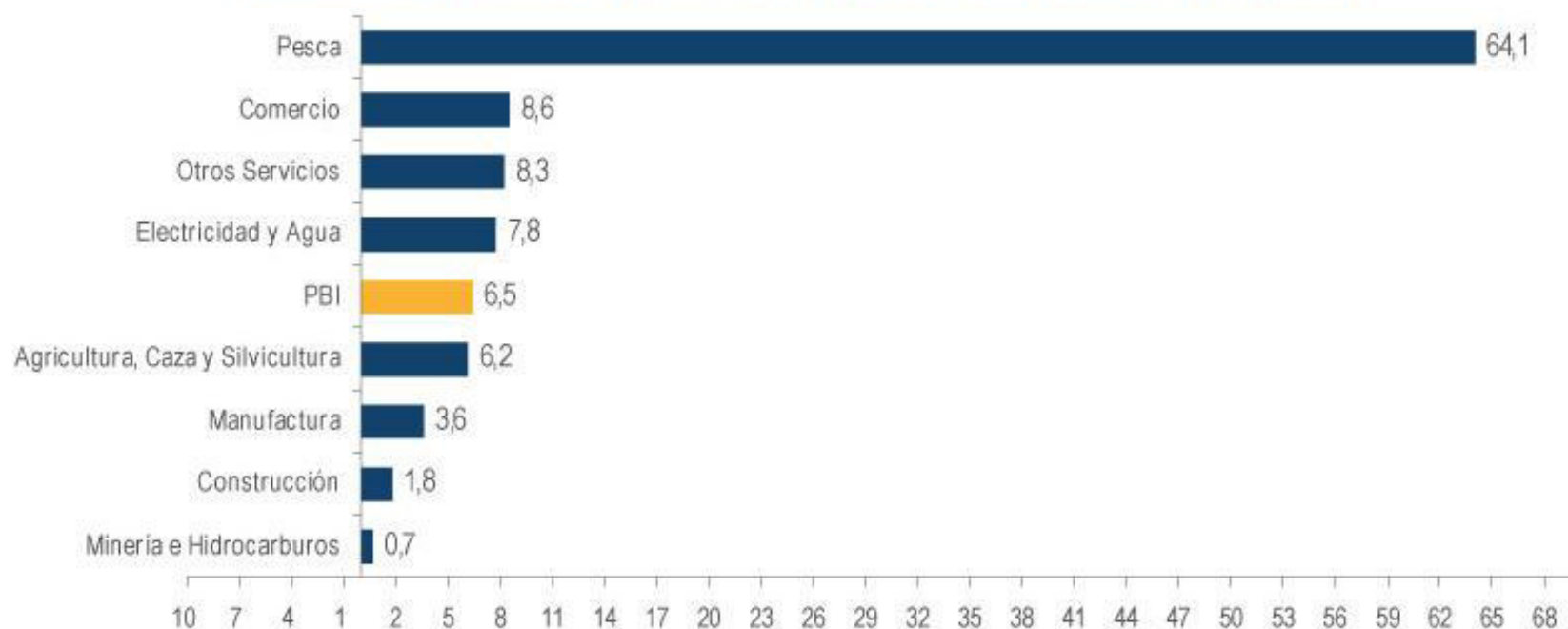
El alcance del presente volumen abarca el área de Mantenimiento de embarcaciones pesqueras en una empresa de gran importancia para el Perú por ser la mayor productora de harina y aceite de pescado. En lo que se refiere a cuatro aplicaciones básicas: creación de un flujograma para el procesamiento de información, implementación de un software para procesar dicha información, programación de las actividades de la obra y costear la obra de mantenimiento. Para eso todo el personal deberá estar muy comprometido con los cambios que se realizan y generar la retroalimentación desde el jefe o gerente de mantenimiento, pasando por el ingeniero planificador, el supervisor, hasta el personal de la tripulación. Todos deberían tener conocimiento en la medida de sus posibilidades desde el inicio de la obra, el supervisor que tiene a cargo los equipos en la obra y el ingeniero coordinador que procesa la información enviada a la oficina central de mantenimiento de tal forma que se obtengan los indicadores de gestión y la información necesaria para un análisis gerencial y de este modo plantear una mejora continua en la organización.

1.4. LIMITACIONES.

El presente trabajo posee la limitación de abarcar únicamente lo referente a cómo administrar la información que se maneja en el área de Mantenimiento Flota Pesquera en una empresa, mas no que acciones tomar para corregir las fallas de los equipos y máquinas ya que esto formaría parte del equipo de mantenimiento correctivo, dicho de otra manera las mejoras que quieran realizarse a cualquier tema en particular, siempre es un proceso y se realiza por etapas y el detalle e implementación total traspasa los límites de este trabajo, un estudio completo de lo que significa el mantenimiento de embarcaciones pesqueras es muy complejo y profundo aunque no por eso dejemos de estudiarlo, realizar las mejoras, hacer un análisis integral del mismo, eso dependerá de cada uno de nosotros que estemos involucrados con el problema. Cabe indicar que lo establecido en el presente trabajo es un caso real, realizado en la empresa pesquera Tecnológica de Alimentos S.A., líder en producción de harina y aceite de pescado a nivel mundial.

Ilustración 1. El PBI del sector pesquero respecto a otras actividades.

PRODUCTO BRUTO INTERNO POR ACTIVIDAD ECONÓMICA, PERIODO 2011-III / 2010-III (VARIACIÓN PORCENTUAL DEL ÍNDICE DE VOLUMEN FÍSICO)



Fuente: INEI Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

Fuente. INEI

Como podemos apreciar en la ilustración 1 el PBI del tercer trimestre del año 2011 de la actividad pesca creció en 64.1% respecto al similar periodo del año anterior mucho más que otras actividades, tal movimiento tiene sus altos y sus bajas crecidas debido a que la pesca es por temporadas y muy dependiente del cambio climático por tanto debe ser tomada en cuenta y darle toda la atención del caso.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Los objetivos de la investigación se traducen en dos tipos básicamente.

1.5.1. OBJETIVO GENERAL.

Elevar la competitividad del área de mantenimiento de la flota pesquera en la empresa, que les permita a la gerencia tomar decisiones acertadas.

1.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.

- Se busca administrar de una manera mucho más eficiente la documentación del mantenimiento de las máquinas y equipos.
- Se busca tener el control absoluto de los tiempos de entrega en las obras de mantenimiento.
- Comparar los costos del método propuesto basado en el modelo aplicativo de la tesis con la forma inicial de trabajo.
- Se busca la integración de las demás áreas ligadas al área de mantenimiento como lo es logística, producción y gerencia, logística porque es la encargada de abastecer con la compra

de equipos y máquinas a mantenimiento, producción porque es quien da uso de estos equipos y gerencia porque con una buena administración se lograría la cohesión de todas las áreas.

- Ser el área ejemplo de buena gestión.
- Difundir las aplicaciones a otras áreas de la empresa ya que esta puede servir para la digitalización de la documentación.

1.6. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

La aplicación de una metodología adecuada en el modelo de gestión de la información del área de mantenimiento de la flota de pesca en una empresa del Perú mejorará los resultados de la organización en general.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

El mantenimiento viene de épocas muy antiguas desde que el hombre empezó a fabricar sus herramientas de forma artesanal para la caza de animales y lucha por conseguir el poder y dominio sobre otros pueblos. Las herramientas fueron cada vez más sofisticadas cada año, fueron creándose los accesorios o repuestos y se empezó a cambiar solo las partes más afectadas ya sea por el uso, desgaste o por la mala calidad del equipo, después aparecen las máquinas accionadas por motores, el motor le dio más autonomía a la máquina es así que el mantenimiento de los equipos y máquinas evolucionaron desde la revolución industrial haciéndose cada vez más complejos.

Por lo general las cosas se hacen por una necesidad y cuando la empresa es más grande los procedimientos para realizar las gestiones se hacen lentas eso con el fin de llevar un buen control del flujo de información. La necesidad de minimizar los costos, la necesidad de organizar bien todos los servicios, la necesidad de tener el personal calificado, son interrogantes que en su inicio de la creación del área fueron planteadas por los ingenieros, pero como toda mejora continua siempre hay que mejorar algún proceso o implementarlo, las mejoras en ese entonces se dieron en el área de planeamiento, mantenimiento, proyectos, auditorias de combustible dentro del área de mantenimiento. Estos son los antecedentes que fueron evolucionando en el mantenimiento de las embarcaciones.

La evolución del mantenimiento de forma general se compone de varias generaciones, a continuación se detallan los siguientes tipos de mantenimiento más importantes.

2.1.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Es el mantenimiento que consiste en hacer las reparaciones y/o cambios después de ocurrido la avería en la máquina previa un análisis de fallas según el historial de fallas de la máquina.

2.1.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Como su mismo nombre lo dice, consiste en prevenir que ocurra la avería en el cual se toman todas las medidas del caso para su mejor y continuo trabajo de las máquinas alargando su vida útil. Por lo general su programación se basa en la cantidad de horas de funcionamiento, analizando y realizando este mantenimiento cada cierto periodo.

2.1.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

Este tipo de mantenimiento consiste en hacer análisis rutinarios de las máquinas y equipos a fin de obtener resultados inmediatos del estado en que se encuentran las máquinas, este tipo de mantenimiento se basa el análisis vibracional los cuales son provocados por los motores diesel o eléctricos, análisis de muestras de lubricantes, análisis de muestras de combustibles, calibraciones, etc.

2.1.4. POKA YOKE COMO MEDIDA DE MEJORA CONTINUA.

Poka Yoke proviene de la palabra japonesa “*poka*” (error inadvertido) y *Yoke* (prevenir) este dispositivo ayuda a prevenir errores antes de

que sucedan haciendo que los errores sean muy obvios para el trabajador y se dé cuenta antes y los corrija en ese instante. El objetivo es realizar la totalidad de inspecciones programadas, implantar la retroalimentación y acciones inmediatas ante cualquier falla. Para eso utiliza dos tipos de métodos.

2.1.4.1. MÉTODO DE CONTROL.

En algunos procesos productivos existen las famosas paradas de máquinas, esto ocurrirá cuando suceda una falla en el producto apagando y bloqueando el proceso, evitando que siga ocurriendo la falla. Aunque no suele recomendarse que cada vez que ocurra una falla se tenga que cancelar la totalidad del proceso, eso dependerá de las circunstancias y podrían corregirse al final del proceso.

2.1.4.2. MÉTODO DE ADVERTENCIA.

Este método es más visual para el trabajador dándose cuenta de la falla por medio de unas luces reflectoras que emite la máquina. Al darse cuenta el trabajador deberá corregir en el acto. Aunque no es muy recomendable este método ya que si no se da cuenta el trabajador a tiempo la falla podría continuar y generar una gran pérdida económica para la empresa.

Estos métodos se clasifican en lo siguiente.

2.1.4.3. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS.

Métodos **de contacto**. Por medio de sensores que detectan anomalías.

Método **del valor fijo**. Cuando los productos requieren un determinado número de veces de inspección.

Método **del paso de movimientos**. Consiste en detectar anomalías cuando se realiza la inspección de los errores en pleno movimiento es decir cuando se está procesando.

2.2. BASES TEÓRICAS

El presente trabajo de investigación se sustenta en diversas normas, y métodos de trabajo.

- a) Métodos de investigación de operaciones. Como ejemplo el diagrama de red.
- b) Situación actual del sector pesquero en el Perú, fuente INEI.
- c) Presupuestos de trabajos de mantenimiento hechos por terceros.
- d) Técnicas de mejora continua.
- e) Técnicas de descomposición para la estimación de proyectos de *software*, del autor Roger S. Pressman.
- f) Diseño de algoritmos de programación en VBA.
- g) Gestión de proyectos con Ms. Project.

2.3. ETAPAS DE LA EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

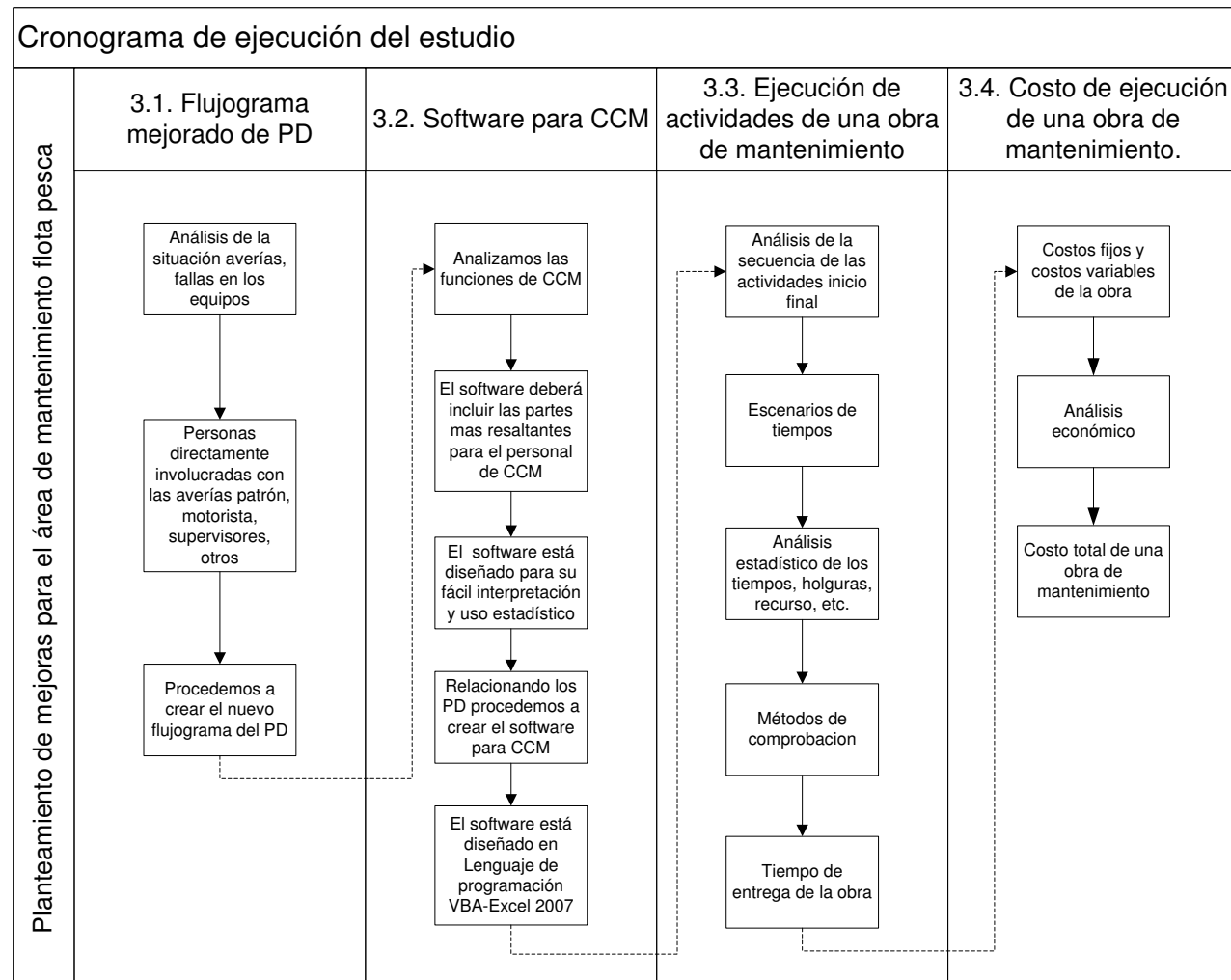
En primera instancia es construir un flujograma para la información que contiene los Partes de Discrepancia (ver ilustración 2) y ver cómo están involucradas todas las áreas, ya que no existe un flujograma como antecedente se procedió a construir uno nuevo porque es de vital importancia para poder guiarnos y dar una inducción rápidamente al personal nuevo que llega al área del Centro de control de mantenimiento (CCM), además servirá para ver qué áreas o que personal está involucrado en el flujo de esta información.

En segunda instancia es construir un software para el CCM de modo tal que se tenga que introducir a través de esta la información más relevante de los PD y que mediante algoritmos tenga que sacar en forma automática los indicadores de nuestro avance, además de estar toda la documentación procesada y digitalizada.

En tercera instancia es dar ejecución a las actividades de las obras de mantenimiento que fueron inscritas en el formato de PD, administrando estas con el Ms. Project como por ejemplo darle mantenimiento a un remolcador en el casco y motor y ver todo el historial de arreglos que se le hizo.

En cuarta instancia es tener un costo estimado de una obra de mantenimiento usando para eso el Ms. Project muy usado para el control de actividades, ya que este software tiene la facilidad de brindar a parte de los tiempos, también el costo total de la inversión por toda la obra.

Ilustración 2. Flujograma de ejecución del estudio.



Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO III: EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. FLUJOGRAMA MEJORADO DEL PARTE DE DISCREPANCIA.

Este formato es de suma importancia porque marca el punto inicial de toda la gestión para el mantenimiento de las embarcaciones incluso para la gestión de compra del servicio de mantenimiento y el pago a los proveedores. La ilustración 3 es el formato que llena el motorista y lo resaltado en color rojo son los datos que se tomó en cuenta para la realización del software en coordinación con el personal de CCM.

Ilustración 3. Formato de Parte de discrepancia.

TASA (Formato GP 001)		PARTE DE DISCREPANCIAS		Nº 016025 - 201...	
EMBARCACIÓN	REVISIÓN	NOMBRE PATRÓN	NOMBRE ING. MAQUINARIA/MOTORISTA	ZARPE	PUERTO
TASA - 315	1	Raúl Santacruz	Pedro - Bernales	Chilama	Chilama
DISCREPANCIA		REPORTE DE PESCA	REPORTE DE FLOTA	TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
A		IMPULSOR DE LA BOMBA DEL MOTOR PRINCIPAL SE ENCUENTRA DAÑADO		ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
B				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
C				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
D				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
E				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
F				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
G				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
H				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
I				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
J				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
K				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
L				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
M				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
N				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
O				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
P				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
Q				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
R				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
S				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
T				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
U				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
V				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
W				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
X				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
Y				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	
Z				TRATAMIENTO DE LA DISCREPANCIA	
				ACCIÓN CORRECTIVA ANTES DEL ZARPE	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA LA VEDA	
				ACCIÓN CORRECTIVA DIFERIDA PARA CARENA	
				ACCIONES TOMADAS	
				PROVEEDOR	
				SUPERVISOR FECHA / FIRMA	

EMBARCACIÓN

Fuente. TASA

Este formato tiene todos los campos que serán llenados a fin de ser atendidos por el personal de oficina del CCM.

Ilustración 4. Otros formatos usados en el área

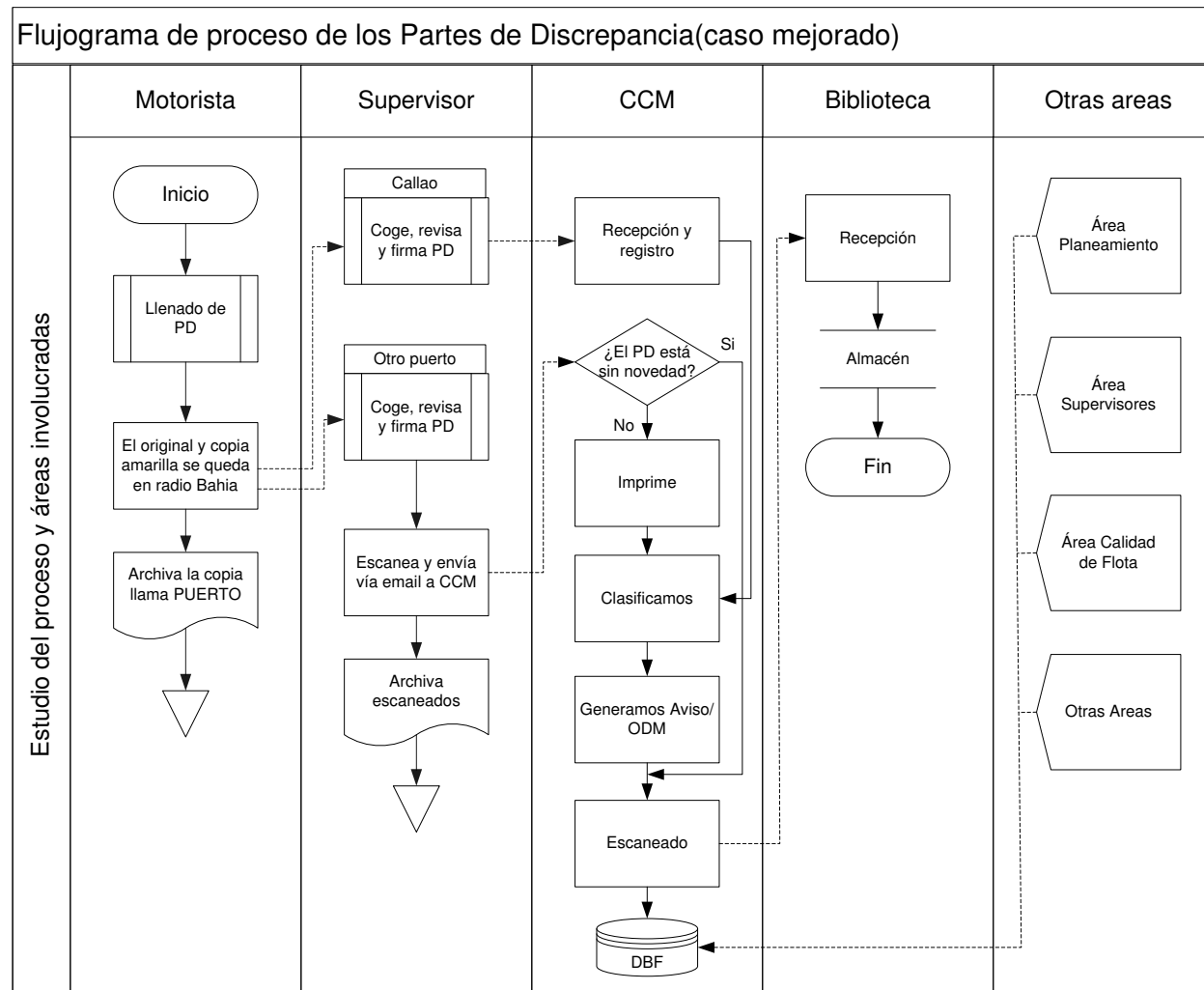
The image displays three overlapping forms from TASA (Terminales de Abastecimiento S.A.), which are used for maritime operations and equipment maintenance.

- Top Left Form: PARTE DIARIO DE MAQUINAS** (No. 000437). This form is used for recording machine operations and maintenance. It includes sections for "MOTOR PRINCIPAL" (Main Engine) and "MOTOR AUXILIAR" (Auxiliary Engine), with detailed tables for recording parameters like RPM, fuel consumption, and oil levels. It also has a section for "CONTROLES DE SEGURIDAD" (Safety Controls).
- Top Right Form: PARTE DIARIO DE MAQUINAS** (No. 000437). This form is used for recording machine operations and maintenance. It includes sections for "MOTOR PRINCIPAL" (Main Engine) and "MOTOR AUXILIAR" (Auxiliary Engine), with detailed tables for recording parameters like RPM, fuel consumption, and oil levels. It also has a section for "CONTROLES DE SEGURIDAD" (Safety Controls).
- Bottom Left Form: DIARIO OFICIAL DE NAVEGACION LISTA DE VERIFICACION AL 20** (No. 000388). This form is used for recording navigation data. It includes a table for "EQUIPOS DE ALISTAMIENTO A BORDO" (Equipment on board) and a section for "MEDICINA EMPLEADA" (Medicine used).
- Bottom Right Form: DIARIO OFICIAL DE NAVEGACION** (No. 000388). This form is used for recording navigation data. It includes a table for "EQUIPOS DE ALISTAMIENTO A BORDO" (Equipment on board) and a section for "MEDICINA EMPLEADA" (Medicine used).

Fuente. TASA

En la ilustración 4 podemos observar otros formatos, también de mucha importancia pero que en este caso solo consideramos los PD. En la ilustración 5 se muestra el nuevo flujograma.

Ilustración 5. Flujograma de información de PD.



Fuente. Elaboración propia

El diagrama de flujo mejorado muestra toda la nueva secuencia que sigue el formato de parte de discrepancia (PD), todas las áreas involucradas desde que se inicia con el motorista o también llamado ingeniero de máquinas hasta su almacenaje en digital y físico. Este flujo grama inicia cuando el motorista se percata de una avería inesperada o una posible falla en alguna máquina o equipo al darse cuenta de esto él llena un formato el cual se queda con una de las copias para su cargo, la original y otra copia se las deja al radio operador también llamado bahía, este archiva la copia y comunica al supervisor del puerto. El supervisor recibe este formato y si este se encuentra en un puerto muy alejado del puerto central Callao escanea y lo envía vía email al Centro de Control de Mantenimiento (CCM) para su procesamiento y atención del caso, si en caso el puerto estuviera cerca de la central Callao entonces es entregado en físico, luego el coordinador de CCM disgrega los formatos sin novedad de los que tienen algún contenido (con novedad) y procede a generar su Orden de mantenimiento y solped en el sistema SAP, terminado con todos los formatos del día realiza el escaneado y luego el archivado en digital en nuestro archivo Excel VBA que se encuentra en la red especialmente creado para este trabajo con el único propósito de que las áreas involucradas se informen, los PD físicos ya procesados por CCM son enviados a la biblioteca técnica de mantenimiento para su archivamiento final. Al tener toda la data procesada y digitalizada todas las demás áreas involucradas como el área de planeamiento, área de supervisores, calidad, proyectos y otros,

pueden revisar la información en el sistema de forma rápida, clasificada y sin tener que moverse de su lugar ya que este archivo se encuentra en la red y puede acceder sin ningún problema.

Con esta mejora se dejan de perder horas hombre en las búsquedas que muchas veces resultaban en vano para el Centro de Control de Mantenimiento.


El Centro de Control de Mantenimiento es un área que fue creado para atender todas las contingencias que se presentasen en las operaciones como por ejemplo atender los pedidos de materiales de los motoristas, hacer coordinaciones de envíos de repuestos, abastecimiento de materiales las 24 horas del día y los 365 días del año, este departamento está compuesto por un grupo de profesionales que constantemente revisan la información a procesar y cuenta con todas las facilidades del caso para que su trabajo sea el más óptimo. Pero pese a eso la información del PD no se procesa del todo y existe un desorden para realizar la búsqueda y archivo de este, es decir no se está llegando a lo deseado. Justamente esto motivó a crear un modelo de algoritmo que se ajuste a los requerimientos del área del CCM de tal forma que sea el más cómodo y fácil de manejar.

3.2. SOFTWARE DISEÑADO PARA CCM.

El software está diseñado usando el lenguaje de programación Visual Basic VBA de Excel 2007, se tomó esta herramienta bien básica para realizar las mejoras ya que no se contaba con otro software más sofisticado.

Primeramente creamos un archivo como plantilla luego se creó una matriz en la primera hoja del libro llamado “**REGISTRO**”, este es un cuadro de control para la recepción de los partes de discrepancia, además de sacar indicadores de gestión en cuanto a los tiempos, ayuda a tener mejor control de la información día por día. Véase la tabla 1

Tabla 1. Matriz de la data de embarcaciones

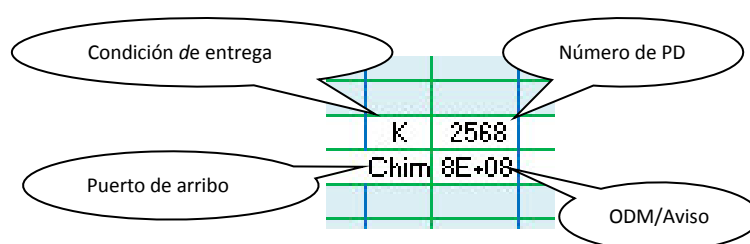
	A	B	C	UO	UP	UQ	UR	US	UT	UU	UV	UW	UX	UY	UZ	VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	VH	VI
1				OCTUBRE																				
2	FLOTA	NOMBRE	E/P	-oct	09-oct	10-oct	11-oct	12-oct	13-oct	14-oct	15-oct	16-oct	17-oct	18-oct										
81	4	SIPESA 63	TASA51	248	K	249	K	250	K	251	K	252												
82				8E+08	Call	SN	Call	880/800	Call	SN	Call	SN												
83	4	SIPESA 62	TASA52	18519	K	18520	K	18521	K	18522	K	18523												
84				SN	Call	SN	Call	SN	Call	8001538	Call	SN												
85	4	MARU 2	TASA53																					
86																								
87	4	JAVIER	TASA54								K	16703												
88											Chim	8E+08												
89	4	TASA 55	TASA55																					
90																								
91	4	SANTA ENMA	TASA56	17339	K	17340	K	17341	K	17342	K	17343	K	17344										
92				8E+08	Call	8E+08	Call	SN	Call	SN	Call	SN	Call	SN	Call	0192423/800154090								
93	4	COPETSA 4	TASA57	16899	K	16900	K	16901	K	16902	K	16903	K	16904										
94				SN	Call	SN	Call	SN	Call	SN	Call	1E+07	Call	SN										
95	4	COPETSA 2	TASA58	16460	K	16461	K	16462	K	16463	K	16464	K	16465	K	16466								
96				SN	Call	SN	Call	SN	Call	SN	Call	SN	Call	019239	Call	8E+08								
97	4	COPETSA 1	TASA59	22885	K	22886	K	22887	K	22888	K	22889	K	22890										
98				SN	Call	SN	Call	SN	Call	8E+08	Call	8E+08	Call	SN										
99	4	DON ABRAHAM	TASA71																					
100																								
101	4	DOÑA BEILA	TASA419																					
102																								
103	4	ESTHER 7	TASA427	8795	K	8796	K	8797	K	8798	K	8799	K	8800										
104				SN	Call	SN	Call	806/800	Call	SN	Call	SN	Call	SN										
105																								
106	P U E R T O S	Atico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
107		Callao	37	36	37	36	37	33	2	33	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
108		Chimbote	1	0	1	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109		Chicama	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110		Ilo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
111		Mollendo	2	3	3	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112		Matarani	5	4	4	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
113		Malabrigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
114		Pisco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115		Paíta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116		Supé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
117		S	Vegueta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
118		Total	15	43	45	44	46	40	3	1	0	0	0	0										

Fuente. Elaboración propia

Los barcos están divididos por número de flotas. En la columna A va colocado el tipo de flota al que pertenecen los barcos y está dividido en 4 flotas, en la columna B va colocado el nombre de la embarcación, en la columna C va la numeración de la embarcación haciendo un total de 51

barcos, las columnas siguientes muestran los días del mes y es ahí donde se coloca la información solo necesaria del parte de discrepancia lo cual para el departamento de CCM y otras áreas es de mucha importancia, la información restante es llenado en el sistema SAP. En la ilustración 6 se detalla la información que contienen las celdas.

Ilustración 6. Contenido de la celda de la matriz



Fuente. Elaboración propia

Condición de entrega. “F” es la letra que representa la tardanza en la entrega de los PD al área de CCM (**F**: significa que tuvo 3 días de retraso en la entrega) “K” representa que se entregó a tiempo el PD (**K**: ok, si entregó a tiempo) cuando aparece un vacío en la matriz de datos significa que no entregaron el formato de Parte de Discrepancia a la oficina de Centro de Control de Mantenimiento.

Puerto de arribo. Indica en que puerto arribó la embarcación, este dato es muy importante también para la creación de la Orden de Mantenimiento.

ODM/Aviso. Representa el código de Orden de Mantenimiento o el Aviso creado en SAP, es un código de 9 dígitos que colocaremos en la matriz.

Numero de PD. Indica la numeración que tiene el formato, es como la numeración de una guía o factura.

La siguiente tabla 2 muestra el resumen de toda la data insertada anteriormente, el cual va sumando y calculando los acumulados.

Tabla 2. Cantidad de PD que llega por cada puerto

2	FLOTA	NOMBRE	E/P	23-Oct	24-Oct	25-Oct	26-Oct	27-Oct
105								
106		Atico		0	0	0	0	0
107	P	Callao		34	36	36	20	1
108		Chimbote		0	0	0	0	0
109	U	Chicama		0	0	0	0	0
110	E	Ilo		0	0	0	0	0
111		Mollendo		2	2	2	2	0
112	R	Matarani		5	5	5	5	0
113	T	Malabrigo		0	0	0	0	0
114		Pisco		0	0	0	0	0
115	O	Paita		0	0	0	0	0
116	S	Supe		0	0	0	0	0
117		Vegueta		0	0	0	0	0
118		Total		41	43	43	27	1

Fuente. Elaboración propia

Este formato contiene hipervínculos insertados en las fechas de tal manera que al hacer clic en una de ellas se abrirá un archivo conteniendo todos los PD escaneados de esta manera se tendrá toda la información digitalizada, todas las búsquedas de información serán directamente por este medio.

Se muestra la cantidad de PD entregados por cada puerto.

Por ejemplo el día 23 de octubre se recepcionó 34 PD del puerto de Callao, 2 PD del puerto de Mollendo, 5 PD del puerto de Matarani, haciendo un total de 41 PD recepcionado en ese día.

La siguiente ilustración 7 muestra el formulario con el cual se llena la información descrita anteriormente. Su creación se debe a que hace

más fácil y cómodo el ingreso de la data a la matriz, el sistema presenta códigos y envía la información a las celdas respectivas.

Ilustración 7. Formulario para el ingreso de la data

The form is titled "Bienvenido a CCM" and contains the following elements:

- TASA:** A dropdown menu with "TASA424" selected.
- CONDICION:** Two radio buttons: "K: OK" (selected) and "F: Fuera de Fecha".
- CALENDARIO:** A calendar widget for October 2011. The date 26 is highlighted in yellow.
- PUERTO:** A dropdown menu with "Pisco" selected.
- N° PARTE DE DISCREPANCIA:** A text input field containing "2563".
- ORDEN DE MANTENIMIENTO:** A text input field containing "800151412".
- Buttons:** "GUARDAR" and "CERRAR".
























Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
25	26	27	28	29	30	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31	1	2	3	4	5

Fuente. Elaboración propia

Este programa está diseñado usando el lenguaje de programación Visual Basic de Excel 2007, este formulario está diseñado exclusivamente para el registro de los PD del área de CCM y muestra la lista de embarcaciones **TASA**, la **condición** de entrega, el **puerto** de arribo, **N° del parte de discrepancia**, el código de la **Orden de mantenimiento** (ODM) o el aviso creado y el **calendario** donde se coloca la fecha de creación del PD.

En la siguiente hoja llamada “**ESTADISTICA**” va calculando porcentajes y sumas totales de la hoja anterior. Véase la tabla 3.

Tabla 3. Estadística de entrega de los PD

	A	B	C	JO	JP	JQ	JR	JS	JT	JU	JV	JW	JX	JY	JZ	KA	KB	KC	KD	KE	KF	KG	KH	KI	KJ	KK	
1				OCTUBRE																							
2	FLOTA	NOMBRE	TASA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
48	4	COPETSA 4	TASA57	K	K	K	K	K	F	F	K	K	K	K	K	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
49	4	COPETSA 2	TASA58	K	K	K	K	F	F	F	K	K	K	K	K	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
50	4	COPETSA 1	TASA59	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
51	4	DON ABRAHAM	TASA71																	O	O	O	O	O	O	O	
52	4	DOÑA BEILA	TASA419																	O	O	O	O	O	O	O	
53	4	ESTHER 7	TASA427	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
54																											
55	T O E L D E I S A	TOTAL: K + F		44	42	45	45	45	43	45	45	43	45	44	46	28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
56		TOTAL: K		43	42	45	45	43	39	38	40	41	44	44	46	28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57		TOTAL: F		1	0	0	0	2	4	7	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58		TOTAL: O		1	3	0	0	0	2	0	0	2	0	1	0	17	44	45	45	51	51	51	51	51	51	51	51
59		PORCENTAJE (K)		96%	93%	100%	100%	96%	87%	84%	89%	91%	98%	98%	100%	62%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
60		PORCENTAJE (F)		2%	0%	0%	0%	4%	9%	16%	11%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
61	E I S A	PORCENTAJE (K+F)		98%	93%	100%	100%	100%	96%	100%	100%	96%	100%	98%	100%	62%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
62		ESTADO DEL DIA																									
63																											
64	TOTAL SEMANAL	TOTAL SEMANAL: O			4																						
65		% SEMANAL: (K)			92%							52%							0%								
66		% SEMANAL: (K+F)			99%							52%							0%								
67																											
68	K:	Dentro de la fecha																									
69	F:	Fuera de fecha																									
70	O:	No entregó																									
71			Varadero																								
				REGISTRO ESTADISTICA																							

Fuente. Elaboración propia

Este cuadro estadístico nos muestra las sumatorias y porcentajes día por día y semanalmente. **K**, significa que el PD se entregó dentro de la fecha establecida. **F**, significa que el PD se entregó fuera de la fecha establecida. **O**, significa que el PD no se entregó o nunca llegó a su destino y está representado en fondo de color rojo. El estado del día muestra como va la entrega de los PD actúa como un aviso de alerta. Su coloración depende de los rangos de los porcentajes el cual fue tomado

aplicando un criterio del caso por ejemplo Será **verde** si el número de PD es >67% de entrega, 33% ≤ **amarillo** ≤ 67% y **rojo** < 33% de entrega de esta forma es fácil darse cuenta donde faltan por entregar y cuantos ya han cumplido con la entrega.

Toda la información ingresada a la plantilla, los cálculos, las condiciones, los porcentajes, es decir toda la data es procesada mediante un algoritmo de programación llamado Visual Basic y contiene temas relacionados al curso de ingeniería de Software y algoritmos de programación que tienen mucha similitud a lo que se dicta en la facultad de Ingeniería Industrial.

Las personas que manejan este lenguaje sin duda que sabrán entender cada línea del código, pero saber entender este código no es parte de esta investigación lo que se busca es mejorar el trabajo de los usuarios y ser consecuente con los resultados que se buscan. Para programar se puede contratar a un programador experto en estos temas él construirá el software de acuerdo a los requerimientos del usuario.

Después de realizar varias pruebas de compilación y correcciones el resultado final del código es el que se muestra a continuación.

Ilustración 8. Código de programación en VBA-Excel 2007

```
'Autor: Edgar Quispe Cuadros  
'Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
'Facultad de Ingeniería Industrial  
'Empresa: Tecnológica de Alimentos S.A.  
'Tema: Digitalización del proceso de PD  
'Nota: Este trabajo fue diseñado de uso exclusivo para CCM-TASA, prohibida su reproducción  
  
Private Sub BTNGUARDAR_Click()  
Dim I As Integer
```


Dim J As Integer

For I = 1 To 51 '51 filas T

If CMBTASA.Value = Cells(I * 2 + 1, 3).Value Then 'si el valor de la lista es igual a un valor de la matriz T

For J = 1 To 363 ' 363 columnas F

If Calendar1.Value = Cells(2, J * 2 + 2).Value Then 'si el valor de la fecha es igual a un valor de la matriz F

' validando la opcion K o F

If Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 1, J * 2 + 2).Value = "" Then

If OptionButton1.Value = True Then

Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 1, J * 2 + 2).Value = "K"

Worksheets("ESTADISTICA").Cells(I + 2, J + 3).Value = "K"

Else

Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 1, J * 2 + 2).Value = "F"

Worksheets("ESTADISTICA").Cells(I + 2, J + 3).Value = "F"

End If

Else

MsgBox "Ya tiene dato la celda...revise por favor", vbInformation, "Aviso"

Unload UserForm1

End

End If

' Colocando Puerto.....

If CMBPUERTO.Value = "Atico" Then

Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 2, J * 2 + 2).Value = "Atic"

Else

If CMBPUERTO.Value = "Callao" Then

Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 2, J * 2 + 2).Value = "Call"

Else

If CMBPUERTO.Value = "Chimbote" Then

Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 2, J * 2 + 2).Value = "Chim"

Else

If CMBPUERTO.Value = "Chicama" Then

Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 2, J * 2 + 2).Value = "Chic"

Else

If CMBPUERTO.Value = "Ilo" Then

Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 2, J * 2 + 2).Value = "Ilo"

Else

If CMBPUERTO.Value = "Mollendo" Then

Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 2, J * 2 + 2).Value = "Moll"

Else

If CMBPUERTO.Value = "Matarani" Then

Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 2, J * 2 + 2).Value = "Mata"

Else

If CMBPUERTO.Value = "Malabrigo" Then

Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 2, J * 2 + 2).Value = "Mala"

Else

If CMBPUERTO.Value = "Pisco" Then


```

Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 2, J * 2 + 2).Value = "Pisc"
Else
    If CMBPUERTO.Value = "Paita" Then
        Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 2, J * 2 + 2).Value = "Pait"
    Else
        If CMBPUERTO.Value = "Supe" Then
            Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 2, J * 2 + 2).Value = "Supe"
        Else
            Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 2, J * 2 + 2).Value = "Veg"
        End If
    End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
' Colocando Numero del Parte de Discrepancia(PD) .....
Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 1, J * 2 + 3).Value = TextBox2.Value
' Colocando Orden de Mantenimiento(ODM) .....
Worksheets("REGISTRO").Cells(I * 2 + 2, J * 2 + 3).Value = TextBox3.Value
Else

    End If
Next J
End If
Next I
End Sub
Private Sub CMBCERRAR_Click()
Unload UserForm1
End
End Sub
Private Sub Label3_Click()
Label3.Caption = Time
End Sub

Private Sub FRMCALENDARIO_Click()

End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
'Calendar1.Today 'actualiza o muestra la fecha actual
End Sub
Private Sub UserForm_Initialize()
'...TASA...
CMBTASA.AddItem "TASA17"

```

CMBTASA.AddItem "TASA21"
CMBTASA.AddItem "TASA22"
CMBTASA.AddItem "TASA23"
CMBTASA.AddItem "TASA31"
CMBTASA.AddItem "TASA32"
CMBTASA.AddItem "TASA34"
CMBTASA.AddItem "TASA35"
CMBTASA.AddItem "TASA36"
CMBTASA.AddItem "TASA37"
CMBTASA.AddItem "TASA38"
CMBTASA.AddItem "TASA39"
CMBTASA.AddItem "TASA41"
CMBTASA.AddItem "TASA42"
CMBTASA.AddItem "TASA43"
CMBTASA.AddItem "TASA44"
CMBTASA.AddItem "TASA45"
CMBTASA.AddItem "TASA47"
CMBTASA.AddItem "TASA51"
CMBTASA.AddItem "TASA52"
CMBTASA.AddItem "TASA53"
CMBTASA.AddItem "TASA54"
CMBTASA.AddItem "TASA55"
CMBTASA.AddItem "TASA56"
CMBTASA.AddItem "TASA57"
CMBTASA.AddItem "TASA58"
CMBTASA.AddItem "TASA59"
CMBTASA.AddItem "TASA61"
CMBTASA.AddItem "TASA71"
CMBTASA.AddItem "TASA111"
CMBTASA.AddItem "TASA210"
CMBTASA.AddItem "TASA218"
CMBTASA.AddItem "TASA220"
CMBTASA.AddItem "TASA310"
CMBTASA.AddItem "TASA314"
CMBTASA.AddItem "TASA315"
CMBTASA.AddItem "TASA411"
CMBTASA.AddItem "TASA412"
CMBTASA.AddItem "TASA413"
CMBTASA.AddItem "TASA414"
CMBTASA.AddItem "TASA415"
CMBTASA.AddItem "TASA416"
CMBTASA.AddItem "TASA417"
CMBTASA.AddItem "TASA418"
CMBTASA.AddItem "TASA419"
CMBTASA.AddItem "TASA420"
CMBTASA.AddItem "TASA423"
CMBTASA.AddItem "TASA424"
CMBTASA.AddItem "TASA425"
CMBTASA.AddItem "TASA426"

```

CMBTASA.AddItem "TASA427"

'...PUERTO...
CMBPUERTO.AddItem "Atico"
CMBPUERTO.AddItem "Callao"
CMBPUERTO.AddItem "Chimbote"
CMBPUERTO.AddItem "Chicama"
CMBPUERTO.AddItem "Ilo"
CMBPUERTO.AddItem "Mollendo"
CMBPUERTO.AddItem "Matarani"
CMBPUERTO.AddItem "Malabrigo"
CMBPUERTO.AddItem "Pisco"
CMBPUERTO.AddItem "Paita"
CMBPUERTO.AddItem "Supe"
CMBPUERTO.AddItem "Vegueta"
'.....

End Sub

```

Fuente. Elaboración propia

El siguiente paso es escanear los PD y guardarlos en unos archivos clasificados día por día de tal forma que mediante un link anexo a los días se pueda acceder directamente a los escaneados de los PD, con todo lo explicado el software ya terminado fue puesto en prueba por dos semanas llegando a conclusiones muy positivas, vea la tabla n° 13 de la página 111. Se redujo tiempos ociosos, un gran ahorro de papel debido a que solo se imprimía lo necesario y lo demás se escaneaba. Más detalles en el capítulo VI. De análisis y resultados.

Teniendo un flujograma mejorado y con un software diseñado para el CCM se procedió a crear la secuencia de actividades que deben seguir los trabajos de mantenimiento a fin de cumplir con los tiempos de entrega de las obras.

3.3. EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE UNA OBRA DE MANTENIMIENTO.

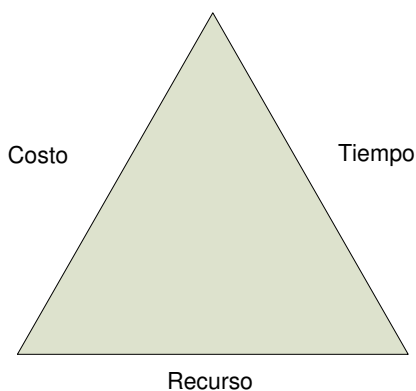
La ejecución de estas actividades dependerá mucho de los presupuestos con que se cuenten, las reparaciones que se requieran hacer a las embarcaciones, la disponibilidad y uso que se les vaya a dar. Para eso se debe tener primero ciertos conocimientos de administración de la obra.

3.3.1. ADMINISTRACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA OBRA.

La administración de una obra es más eficiente cuando los tiempos se cumplen en los plazos fijados, cuando no se sobrepasa el presupuesto inicial y sobre todo que los clientes internos o externos queden satisfechos con el trabajo.

Este control es muy importante para mantener vigilado y atender todas las urgencias que demanda la obra. La información contenida en ella requiere de recursos, costos y tiempos. Como se observa en la ilustración 9.

Ilustración 9. Triángulo del proyecto



Fuente. Elaboración propia

3.3.1.1. FASE DE PLANIFICACIÓN.

Esta fase consiste en definir todas las actividades del proyecto, sus requerimientos de recursos, de tiempo y sus relaciones de precedencia.

Actividad (i, j)

Las actividades son una serie de operaciones realizadas por una persona o grupo de personas en forma continua, sin interrupciones, con tiempos determinables de iniciación o terminación. Esta lista de actividades sirve de base a las personas responsables involucradas en el proceso, en nuestro caso los involucrados serían los contratistas que nos brindan el servicio de mantenimiento para que elaboren sus presupuestos de ejecución y el supervisor a cargo de la obra. Cada actividad está representada mediante un arco dirigido. Como lo vemos en la ilustración 10 de la página 54.

Evento (i)

El evento es nodo de iniciación o terminación de una actividad. Se determina en un tiempo variable entre el más temprano y el más tardío posible, de iniciación o de terminación.

Ruta crítica.

La conforman las actividades que tienen holgura cero, es decir que todas las actividades y eventos que tiene holgura cero

deberán estar sobre una ruta crítica, pero no las demás. En la tabla 4 apreciamos los tiempos en tres escenarios para una obra de mantenimiento, este es el caso de la Panga Merluza.

Tabla 4. Tiempos por actividad

Actividades	Predecesoras	Tiempo optimista(a)	Tiempo mas probable(m)	Tiempo pesimista(b)
A Análisis exhaustivo de la situación		1	2	3
B Evaluación de trabajos a realizar	A	1.5	2	3
C Selección de contratistas	B	2	2	3
D Calibración de obra viva y obra muerta	C	2	2	3
E Calibración de patines	D	1	1	2
F Elaboración de plano de calibración	E	12	16	20
G Toma de medidas para flotabilidad	E	1.5	2	3
H Elaborar informe del estudio de flotabilidad	G	12	16	20
I Cambio de planchas según calibración y flotabilidad	H, F	20	24	30
J Prueba de estanqueidad	I	3	4	5
K Limpieza de sentina y cubierta	J	2	2	3
L Arenado tipo comercial	K	5	8	10
M Inspección técnica y pintura de casco	L	5	8	12
N Hidrolavado de los tubos de enfriamiento	M	2.5	3	3.5
O Limpieza de tanques de agua, petroleo y tuberías	N	2.5	3	4
P Desmontaje y reparación de bomba de gobierno	E	14	16	18
Q Desmontaje y reparación de pistón hidráulico	P	12	16	20
R Desmontaje de hélice, pala y abrazadera	Q	1.5	2	3
S Desmontaje y alineamiento de eje varón	R	14	16	18
T Desmontaje y alineamiento de eje de propulsión	S	15	16	19
U Desmontaje de prensaestopa	T	1	1	2
V Rellenado y pulido de hélice	U	6	8	10
W Montaje de todas las piezas	V, O	6	8	12
X Alineamiento de propulsión y gobierno	W	1.5	2	3
Y Cementación de tuerca de bronce	X	1	1	2
Z (Grua) Desmontaje de motor y caja de la bancada	E	2	2	3
AB Reparación parcial de motor y cambio de repuestos	Z	20	24	26
AC Limpieza, lubricación y engrase	AB	2	3	5
AD Descarbonizado del Turbo compresor	AC	2	3	5
AE Mantenimiento de bomba de agua	AD	6	8	11
AF Overhold de caja y cambio de repuestos	Z	20	24	26
AG Limpieza y lubricación de caja reductora	AF	2.5	3	4
AH Cambio de acople tipo Centa	AG	1.5	2	4
AI Montaje de motor y caja	AH, AE	1	2	3
AJ Limpieza y pintado de motor y caja	AI	6	8	14
AK Cambio de filtros	AJ	1	2	2
AL Enfibrado del tubo de escape	O	5	8	12
AM (Grua) Montaje de motor y caja en su bancada	AK	2	2	3
AN Alineamiento de caja con eje de propulsión	AM, Y	6	8	10
AO Mantenimiento del arrancador eléctrico	Z	14	16	18
AP Mantenimiento del alternador	AO	14	16	18
AQ Revisión e instalación de las redes eléctricas	AP	6	8	12
AR Prueba de motor	AQ, AL, AN	2	2	4
AS Reparación del cajón protector del motor	O	6	8	10
AT Enjaretado de cubierta	AS, AR	8	8	12

Fuente. Elaboración propia

El tiempo esperado para la finalización del proyecto se calcula sumando todos los tiempos esperados de las actividades sobre la ruta crítica, para estos casos hallaremos el tiempo esperado aplicando la ecuación.

$$\boxed{U_{ij} = \frac{(a + b + 4 * m)}{6}} \rightarrow \text{Duración de cada actividad}$$

$$U_{12} = \frac{(1 + 3 + 4 * 2)}{6} = 2$$

$$U_{23} = \frac{(1.5 + 3 + 4 * 2)}{6} = 2.08$$

$$U_{34} = \frac{(2 + 3 + 4 * 2)}{6} = 2.17$$

$$U_{45} = \frac{(2 + 3 + 4 * 2)}{6} = 2.17$$

$$U_{56} = \frac{(1 + 2 + 4 * 1)}{6} = 1.17$$

$$U_{67} = \frac{(12 + 20 + 4 * 16)}{6} = 16$$

$$U_{68} = \frac{(1.5 + 3 + 4 * 2)}{6} = 2.08$$

$$U_{89} = \frac{(12 + 20 + 4 * 16)}{6} = 2.08$$

$$U_{910} = \frac{(20 + 30 + 4 * 24)}{6} = 24.33$$

$$U1011 = \frac{(3+5+4*4)}{6} = 4$$

$$U1112 = \frac{(2+3+4*2)}{6} = 2.17$$

$$U1213 = \frac{(5+10+4*8)}{6} = 7.83$$

$$U1314 = \frac{(5+12+4*8)}{6} = 8.17$$

$$U1415 = \frac{(2.5+3.5+4*3)}{6} = 3$$

$$U1516 = \frac{(2.5+4+4*3)}{6} = 3.08$$

$$U617 = \frac{(14+18+4*16)}{6} = 16$$

$$U1718 = \frac{(12+20+4*16)}{6} = 16$$

$$U1819 = \frac{(1.5+3+4*2)}{6} = 2.08$$

$$U1920 = \frac{(14+18+4*18)}{6} = 16$$

$$U2021 = \frac{(15+19+4*16)}{6} = 16.33$$

$$U2122 = \frac{(1+2+4*1)}{6} = 1.17$$

$$U2223 = \frac{(6+10+4*8)}{6} = 8$$

$$U2324 = \frac{(6+12+4*8)}{6} = 8.33$$

$$U2425 = \frac{(1.5+3+4*2)}{6} = 2.08$$

$$U2536 = \frac{(1+2+4*1)}{6} = 1.17$$

$$U626 = \frac{(2+3+4*2)}{6} = 2.17$$

$$U2627 = \frac{(20+26+4*24)}{6} = 23.67$$

$$U2728 = \frac{(2+5+4*3)}{6} = 3.17$$

$$U2829 = \frac{(2+5+4*3)}{6} = 3.17$$

$$U2932 = \frac{(6+11+4*8)}{6} = 8.17$$

$$U2630 = \frac{(20+26+4*24)}{6} = 23.67$$

$$U3031 = \frac{(2.5 + 4 + 4 * 3)}{6} = 3.08$$

$$U3132 = \frac{(1.5 + 4 + 4 * 2)}{6} = 2.25$$

$$U3233 = \frac{(1 + 3 + 4 * 2)}{6} = 2$$

$$U3334 = \frac{(6 + 14 + 4 * 8)}{6} = 8.67$$

$$U3435 = \frac{(1.5 + 3 + 4 * 2)}{6} = 2.08$$

$$U3536 = \frac{(2 + 3 + 4 * 2)}{6} = 2.17$$

$$U3639 = \frac{(6 + 10 + 4 * 8)}{6} = 8$$

$$U2637 = \frac{(14 + 18 + 4 * 16)}{6} = 16$$

$$U3738 = \frac{(14 + 18 + 4 * 16)}{6} = 16$$

$$U3839 = \frac{(6 + 12 + 4 * 8)}{6} = 8.33$$

$$U1639 = \frac{(5 + 12 + 4 * 8)}{6} = 8.17$$

$$U_{3940} = \frac{(2+4+4*2)}{6} = 2.33$$

$$U_{1640} = \frac{(6+10+4*8)}{6} = 8$$

$$U_{4041} = \frac{(8+12+4*8)}{6} = 8.67$$

La varianza del proyecto es una medida de dispersión y su valor se calcula sumando las varianzas de las actividades en la ruta crítica.

$$\boxed{S^2_{ij} = V_{ij} = \frac{(b-a)^2}{6}} \rightarrow \text{Varianza de cada actividad}$$

$$S^2_{12} = \frac{(3-1)^2}{6} = 0.333$$

$$S^2_{23} = \frac{(3-1.5)^2}{6} = 0.25$$

$$S^2_{34} = \frac{(3-2)^2}{6} = 0.167$$

$$S^2_{45} = \frac{(3-2)^2}{6} = 0.167$$

$$S^2_{56} = \frac{(2-1)^2}{6} = 0.167$$

$$S^2_{67} = \frac{(20-12)^2}{6} = 1.333$$

$$S^2_{68} = \frac{(3-1.5)^2}{6} = 0.250$$

$$S^2_{89} = \frac{(20-12)^2}{6} = 1.333$$

$$S^2_{910} = \frac{(30-20)^2}{6} = 1.667$$

$$S^2_{1011} = \frac{(5-3)^2}{6} = 0.333$$

$$S^2_{1112} = \frac{(3-2)^2}{6} = 0.167$$

$$S^2_{1213} = \frac{(10-5)^2}{6} = 0.833$$

$$S^2_{1314} = \frac{(12-5)^2}{6} = 1.167$$

$$S^2_{1415} = \frac{(3.5-2.5)^2}{6} = 0.167$$

$$S^2_{1516} = \frac{(4-2.5)^2}{6} = 0.250$$

$$S^2_{617} = \frac{(18-14)^2}{6} = 0.667$$

$$S^2_{1718} = \frac{(20-12)^2}{6} = 1.333$$

$$S^2_{1819} = \frac{(3-1.5)^2}{6} = 0.250$$

$$S^2 1920 = \frac{(18-14)^2}{6} = 0.667$$

$$S^2 2021 = \frac{(19-15)^2}{6} = 0.667$$

$$S^2 2122 = \frac{(2-1)^2}{6} = 0.167$$

$$S^2 2223 = \frac{(10-6)^2}{6} = 0.667$$

$$S^2 2324 = \frac{(12-6)^2}{6} = 1$$

$$S^2 2425 = \frac{(3-1.5)^2}{6} = 0.250$$

$$S^2 2536 = \frac{(2-1)^2}{6} = 0.167$$

$$S^2 626 = \frac{(3-2)^2}{6} = 0.167$$

$$S^2 2627 = \frac{(26-20)^2}{6} = 1$$

$$S^2 2728 = \frac{(5-2)^2}{6} = 0.5$$

$$S^2 2829 = \frac{(5-2)^2}{6} = 0.5$$

$$S^2 2932 = \frac{(11-6)^2}{6} = 0.833$$

$$S^2 2630 = \frac{(26-20)^2}{6} = 1$$

$$S^2 3031 = \frac{(4-2.5)^2}{6} = 0.250$$

$$S^2_{3132} = \frac{(4-1.5)^2}{6} = 0.417$$

$$S^2_{3233} = \frac{(3-1)^2}{6} = 0.333$$

$$S^2_{3334} = \frac{(14-6)^2}{6} = 1.333$$

$$S^2_{3435} = \frac{(3-1.5)^2}{6} = 0.250$$

$$S^2_{3536} = \frac{(3-2)^2}{6} = 0.167$$

$$S^2_{3639} = \frac{(10-6)^2}{6} = 0.667$$

$$S^2_{2637} = \frac{(18-14)^2}{6} = 0.667$$

$$S^2_{3738} = \frac{(18-14)^2}{6} = 0.667$$

$$S^2_{3839} = \frac{(12-6)^2}{6} = 1$$

$$S^2_{1639} = \frac{(12-5)^2}{6} = 1.167$$

$$S^2_{3940} = \frac{(4-2)^2}{6} = 0.333$$

$$S^2_{1640} = \frac{(10-6)^2}{6} = 0.667$$

$$S^2_{4041} = \frac{(12-8)^2}{6} = 0.667$$

La tabla 5 muestra la desviación estándar y varianza de cada actividad

Tabla 5. Varianzas.

Actividades	Tiempo optimista(a)	Tiempo mas probable(m)	Tiempo pesimista(b)	U(i, j)	V(i, j)
A Análisis exhaustivo de la situación	1	2	3	2.00	0.333
B Evaluación de trabajos a realizar	1.5	2	3	2.08	0.250
C Selección de contratistas	2	2	3	2.17	0.167
D Calibración de obra viva y obra muerta	2	2	3	2.17	0.167
E Calibración de patines	1	1	2	1.17	0.167
F Elaboración de plano de calibración	12	16	20	16.00	1.333
G Toma de medidas para flotabilidad	1.5	2	3	2.08	0.250
H Elaborar informe del estudio de flotabilidad	12	16	20	16.00	1.333
I Cambio de planchas según calibración y flotabilidad	20	24	30	24.33	1.667
J Prueba de estanqueidad	3	4	5	4.00	0.333
K Limpieza de sentina y cubierta	2	2	3	2.17	0.167
L Arenado tipo comercial	5	8	10	7.83	0.833
M Inspección técnica y pintura de casco	5	8	12	8.17	1.167
N Hidrolavado de los tubos de enfriamiento	2.5	3	3.5	3.00	0.167
O Limpieza de tanques de agua, petróleo y tubos	2.5	3	4	3.08	0.250
P Desmontaje y reparación de bomba de gobierno	14	16	18	16.00	0.667
Q Desmontaje y reparación de pistón hidráulico	12	16	20	16.00	1.333
R Desmontaje de hélice, pala y abrazadera	1.5	2	3	2.08	0.250
S Desmontaje y alineamiento de eje varón	14	16	18	16.00	0.667
T Desmontaje y alineamiento de eje de propulsión	15	16	19	16.33	0.667
U Desmontaje de prensaestopa	1	1	2	1.17	0.167
V Rellenado y pulido de hélice	6	8	10	8.00	0.667
W Montaje de todas las piezas	6	8	12	8.33	1.000
X Alineamiento de propulsión y gobierno	1.5	2	3	2.08	0.250
Y Cementación de tuerca de bronce	1	1	2	1.17	0.167
Z (Grua)Desmontaje de motor y caja de la banca	2	2	3	2.17	0.167
AB Reparación parcial de motor y cambio de repuestos	20	24	26	23.67	1.000
AC Limpieza, lubricación y engrase	2	3	5	3.17	0.500
AD Descarbonizado del Turbo compresor	2	3	5	3.17	0.500
AE Mantenimiento de bomba de agua	6	8	11	8.17	0.833
AF Overhold de caja y cambio de repuestos	20	24	26	23.67	1.000
AG Limpieza y lubricación de caja reductora	2.5	3	4	3.08	0.250
AH Cambio de acople tipo Centa	1.5	2	4	2.25	0.417
AI Montaje de motor y caja	1	2	3	2.00	0.333
AJ Limpieza y pintado de motor y caja	6	8	14	8.67	1.333
AK Cambio de filtros	1.5	2	3	2.08	0.250
AL Enfibrado del tubo de escape	5	8	12	8.17	1.167
AM (Grua)Montaje de motor y caja en su bancada	2	2	3	2.17	0.167
AN Alineamiento de caja con eje de propulsión	6	8	10	8.00	0.667
AO Mantenimiento del arrancador eléctrico	14	16	18	16.00	0.667
AP Mantenimiento del alternador	14	16	18	16.00	0.667
AQ Revisión e instalación de las redes eléctricas	6	8	12	8.33	1.000
AR Prueba de motor	2	2	4	2.33	0.333
AS Reparación del cajón protector del motor	6	8	10	8.00	0.667
AT Enjaretado de cubierta	8	8	12	8.67	0.667

Fuente. Elaboración propia

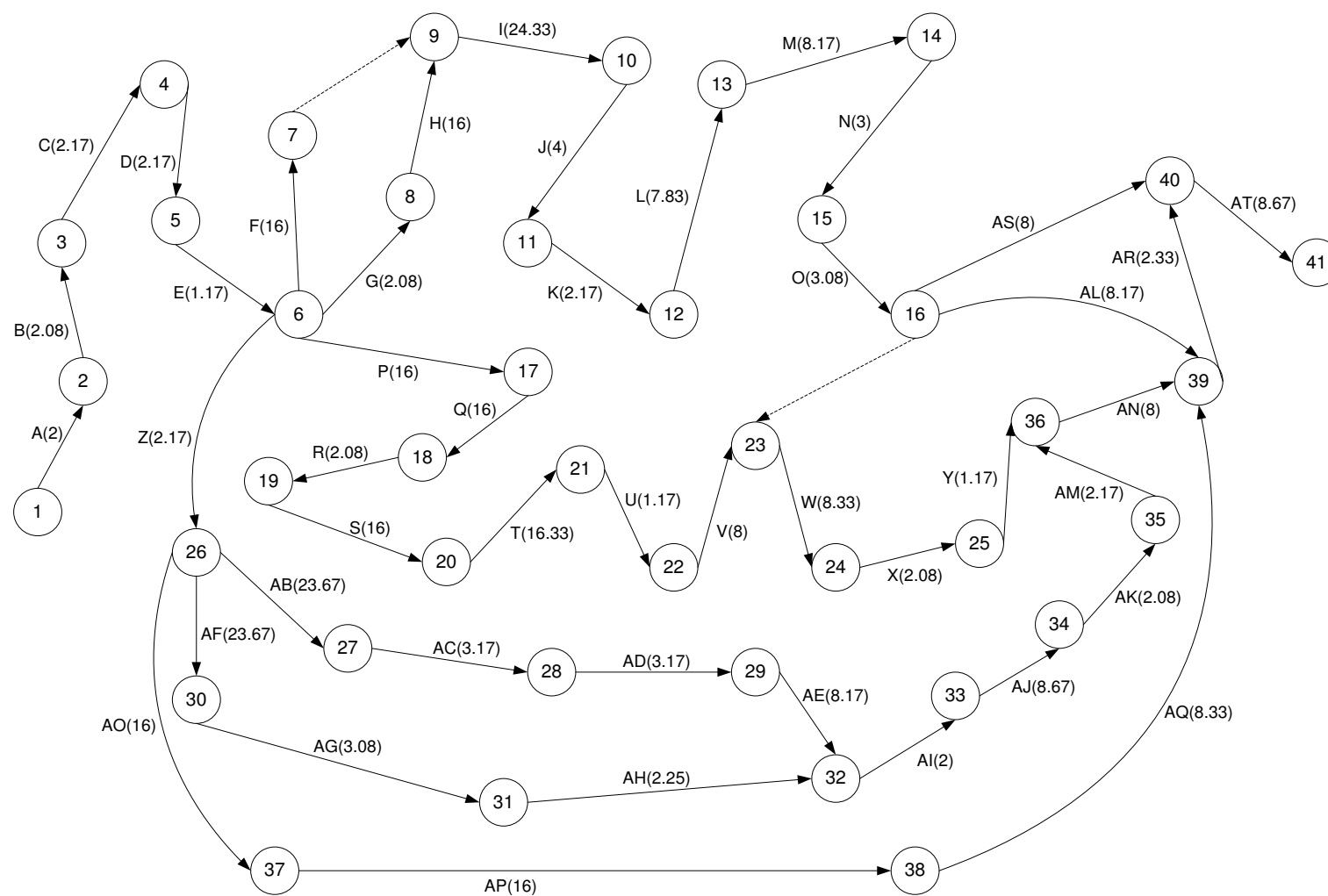
3.3.1.2. FASE DE PROGRAMACIÓN.

Se ocupa de la construcción de la red de actividades considerando las relaciones de precedencia y calcular el tiempo de ejecución del proyecto.

Red de actividades.

Se llama red a la representación gráfica de las actividades que muestran sus eventos, secuencias, interrelaciones y el camino crítico, interconectando todas las actividades. En la ilustración 10 se puede ver la representación de las secuencias de actividades.

Ilustración 10. Diagrama de Red.



Fuente: Elaboración propia

La duración del proyecto va depender de cada una de las actividades es decir que la sumatoria de tiempos que demora cada actividad nos dará el tiempo total de la obra y la relación de dependencia que exista entre ellas también es un factor de tiempo. Entonces con los resultados de duración de cada actividad vamos a calcular el tiempo de duración de nuestro proyecto.

La ruta crítica del proyecto se resalta en rojo, a partir de ella calcularemos la desviación.

En la tabla 6 tenemos resaltados en color rojo las actividades que conforman parte de la ruta crítica.

Tabla 6. Ruta crítica

Actividades	Tiempo optimista(a)	Tiempo mas probable(m)	Tiempo pesimista(b)	U(i, j)	V(i, j)
A Análisis exhaustivo de la situación	1	2	3	2.00	0.333
B Evaluación de trabajos a realizar	1.5	2	3	2.08	0.250
C Selección de contratistas	2	2	3	2.17	0.167
D Calibración de obra viva y obra muerta	2	2	3	2.17	0.167
E Calibración de patines	1	1	2	1.17	0.167
F Elaboración de plano de calibración	12	16	20	16.00	1.333
G Toma de medidas para flotabilidad	1.5	2	3	2.08	0.250
H Elaborar informe del estudio de flotabilidad	12	16	20	16.00	1.333
I Cambio de planchas según calibración y flotabilidad	20	24	30	24.33	1.667
J Prueba de estanqueidad	3	4	5	4.00	0.333
K Limpieza de sentina y cubierta	2	2	3	2.17	0.167
L Arenado tipo comercial	5	8	10	7.83	0.833
M Inspección técnica y pintura de casco	5	8	12	8.17	1.167
N Hidrolavado de los tubos de enfriamiento	2.5	3	3.5	3.00	0.167
O Limpieza de tanques de agua, petroleo y tuberías	2.5	3	4	3.08	0.250
P Desmontaje y reparación de bomba de gobierno	14	16	18	16.00	0.667
Q Desmontaje y reparación de pistón hidráulico	12	16	20	16.00	1.333
R Desmontaje de hélice, pala y abrazadera	1.5	2	3	2.08	0.250
S Desmontaje y alineamiento de eje varón	14	16	18	16.00	0.667
T Desmontaje y alineamiento de eje de propulsión	15	16	19	16.33	0.667
U Desmontaje de prensaestopa	1	1	2	1.17	0.167
V Rellenado y pulido de hélice	6	8	10	8.00	0.667
W Montaje de todas las piezas	6	8	12	8.33	1.000
X Alineamiento de propulsión y gobierno	1.5	2	3	2.08	0.250
Y Cementación de tuerca de bronce	1	1	2	1.17	0.167
Z (Grua)Desmontaje de motor y caja de la bancada	2	2	3	2.17	0.167
AB Reparación parcial de motor y cambio de repuestos	20	24	26	23.67	1.000
AC Limpieza, lubricación y engrase	2	3	5	3.17	0.500
AD Descarbonizado del Turbo compresor	2	3	5	3.17	0.500
AE Mantenimiento de bomba de agua	6	8	11	8.17	0.833
AF Overhold de caja y cambio de repuestos	20	24	26	23.67	1.000
AG Limpieza y lubricación de caja reductora	2.5	3	4	3.08	0.250
AH Cambio de acople tipo Centa	1.5	2	4	2.25	0.417
AI Montaje de motor y caja	1	2	3	2.00	0.333
AJ Limpieza y pintado de motor y caja	6	8	14	8.67	1.333
AK Cambio de filtros	1.5	2	3	2.08	0.250
AL Enfibrado del tubo de escape	5	8	12	8.17	1.167
AM (Grua)Montaje de motor y caja en su bancada	2	2	3	2.17	0.167
AN Alineamiento de caja con eje de propulsión	6	8	10	8.00	0.667
AO Mantenimiento del arrancador eléctrico	14	16	18	16.00	0.667
AP Mantenimiento del alternador	14	16	18	16.00	0.667
AQ Revisión e instalación de las redes eléctricas	6	8	12	8.33	1.000
AR Prueba de motor	2	2	4	2.33	0.333
AS Reparación del cajón protector del motor	6	8	10	8.00	0.667
AT Enjaretado de cubierta	8	8	12	8.67	0.667
Suma				115.75	8.583
Total días				14.47	

Fuente. Elaboración propia

Esta secuencia de actividades críticas debe mantenerse estrictamente a tiempo y seguir con la secuencia así como mandan los resultados si se quiere evitar retrasos en la terminación del proyecto. Existen proyectos que pueden tener más de una ruta crítica, para esos casos se evaluará tal vez ya no el tiempo sino costos y recursos.

Además hay que tener presente que es de suma importancia para un administrador de proyectos la información sobre los tiempos más cercanos y más lejanos, las holguras y la ruta crítica porque permite investigar el efecto de posibles mejoras en la planeación para determinar en donde debe hacerse un esfuerzo especial para mantenerse y evaluar el impacto de los retrasos.

Entonces de la tabla 6 notamos que de acuerdo a los cálculos obtenidos del cuadro, el proyecto tendrá una duración de 115.75 horas ó 14.47 días lo cual quiere decir que serán 15 días laborables lo que demandará el proyecto y la varianza de la ruta crítica es de $V(x)=8.583$ el cual usaremos en la siguiente ecuación. Hay ocasiones en las que las variables suelen ser externas y escapan del control que llevan los supervisores, esto ocasiona que el tiempo se retrase ligeramente, estas variables pueden ser el clima, la distancia o un contratista nuevo, para eso debemos de tener medidas de contingencia y poder tener un plazo máximo de entrega.

Como parte de esta medida vamos a calcular la probabilidad de terminar el proyecto en dos días más de la fecha de término, es decir pensemos que el proyecto no termina en 15 días sino en 17 días.

Aplicando la fórmula:
$$Z_0 = \frac{T_{deseado} - T_{esperado}}{Desviación}$$

Donde:

$T_{deseado}$ = Tiempo que dura el proyecto con cierta probabilidad

$T_{esperado}$ = Tiempo esperado del proyecto (U_{ij})

Desviación = Desviación típica (S_{ij})

De la tabla anterior tenemos lo siguiente:

$T_{deseado} = 17$ días

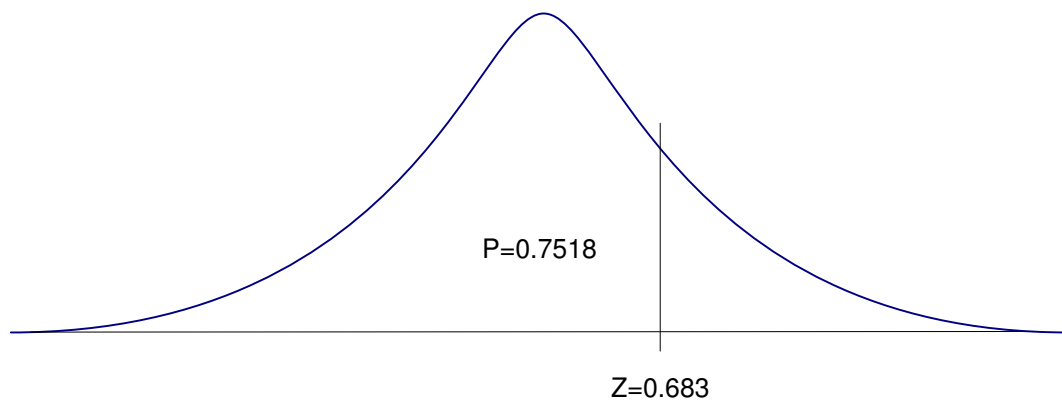
$T_{esperado} = 15$ días

$$Desviación = \sqrt{8.583} = 2.930$$

Remplazando en la fórmula: $Z_0 = \frac{17 - 15}{2.930} = 0.683$

Buscando en la tabla de distribución normal del anexo 4, cuyo Z sea 0.683

Ilustración 11. Probabilidad para un $Z=0.683$



Fuente. Elaboración propia

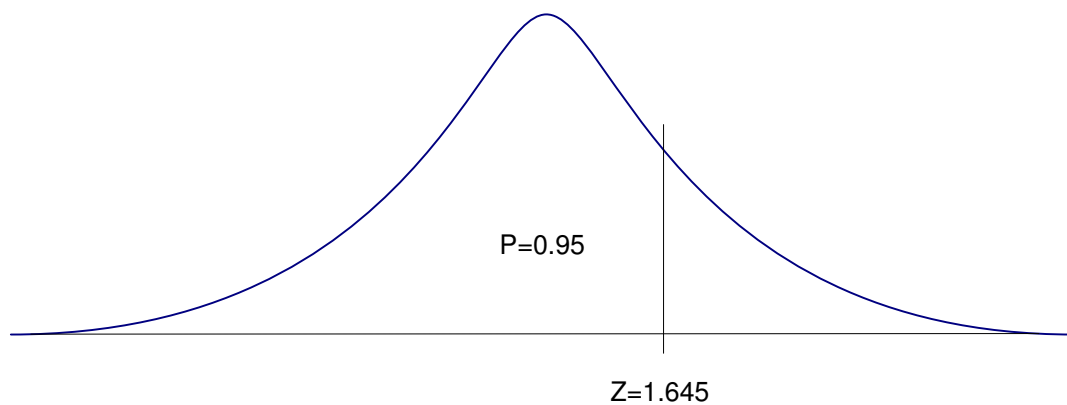
De la ilustración 11 notamos que la probabilidad de que el proyecto termine en 17 días es de:

$$\text{Probabilidad} = 0.7518$$

Es decir, existe una probabilidad del 75.18 % que el proyecto termine con dos días de retraso.

Ahora hallemos el tiempo de duración del proyecto con una probabilidad del 95%

Ilustración 12. Duración del proyecto con una Probabilidad del 95%



Fuente. Elaboración propia

En la ilustración 12 muestra que con una probabilidad del 0.95 obtenemos en la tabla de distribución normal, cuyo Z_0 es igual a 1.645 aproximadamente.

Remplazando en la fórmula:

$$1.645 = \frac{T_{deseado} - 15}{2.930}$$

$$T_{deseado} = 19.81$$

Se concluye que con una probabilidad del 95% el proyecto durara 20 días.

Tiempo más próximo del evento i:

TPi: Es el momento más temprano que puede ocurrir el evento i.

Para calcular el TPi de los eventos se empieza en el nodo i y se termina en el nodo final n.

Pasos:

1) Asignar $TP_i = 0$ (el proyecto empieza en el tiempo 0)

2) Para calcular el otro evento i

$TP_i = \max\{TP(k) + d_{ki} \mid (k,i) \text{ son arcos que llegan a } i\}$

3) TP_n : Es el tiempo de duración del proyecto.

$TP_1=0$

$TP_2=\max\{TP_1+d_{12}\} =\max\{0+2\}=2$

$TP_3=\max\{TP_2+d_{23}\} =\max\{2+2.08\}=4.08$

$TP_4=\max\{TP_3+d_{34}\} =\max\{4.08+2.17\}=6.25$

$TP_5=\max\{TP_4+d_{45}\} =\max\{6.25+2.17\}=8.42$

$TP_6=\max\{TP_5+d_{56}\} =\max\{8.42+1.17\}=9.59$

$TP_7=\max\{TP_6+d_{67}\} =\max\{9.59+16\}=25.59$

$TP_8=\max\{TP_6+d_{68}\} =\max\{9.59+2.08\}=11.67$

$TP_9=\max\{TP_7+d_{79}, TP_8+d_{89}\} =\max\{25.59+0, 11.67+16\}=27.67$

$TP_{10}=\max\{TP_9+d_{910}\} =\max\{27.67+24.33\}=52$

$$TP11=\max\{TP10+d1011\}=\max\{52+4\}=56$$

$$TP12=\max\{TP11+d1112\}=\max\{56+2.17\}=58.17$$

$$TP13=\max\{TP12+d1213\}=\max\{58.17+7.83\}=66$$

$$TP14=\max\{TP13+d1314\}=\max\{66+8.17\}=74.17$$

$$TP15=\max\{TP14+d1415\}=\max\{74.17+3\}=77.17$$

$$TP16=\max\{TP15+d1516\}=\max\{77.17+3.08\}=80.25$$

$$TP17=\max\{TP6+d617\}=\max\{9.59+16\}=25.59$$

$$TP18=\max\{TP17+d1718\}=\max\{25.59+16\}=41.59$$

$$TP19=\max\{TP18+d1819\}=\max\{41.59+2.08\}=43.67$$

$$TP20=\max\{TP19+d1920\}=\max\{43.67+16\}=59.67$$

$$TP21=\max\{TP20+d2021\}=\max\{59.67+16.33\}=76$$

$$TP22=\max\{TP21+d2122\}=\max\{76+1.17\}=77.17$$

$$TP23=\max\{TP22+d2223, TP16+d1623\}=\max\{77.17+8, 80.25+0\}=85.17$$

$$TP24=\max\{TP23+d2324\}=\max\{85.17+8.33\}=93.5$$

$$TP25=\max\{TP24+d2425\}=\max\{93.5+2.08\}=95.58$$

$$TP26=\max\{TP6+d626\}=\max\{9.59+2.17\}=11.76$$

$$TP27=\max\{TP26+d2627\}=\max\{11.76+23.67\}=35.43$$

$$TP28=\max\{TP27+d2728\}=\max\{35.43+3.17\}=38.6$$

$$TP29=\max\{TP28+d_{2829}\}=\max\{38.6+3.17\}=41.77$$

$$TP30=\max\{TP26+d_{2630}\}=\max\{11.76+23.67\}=35.43$$

$$TP31=\max\{TP30+d_{3031}\}=\max\{35.43+3.08\}=38.51$$

$$TP32=\max\{TP31+d_{3132}, TP29+d_{2932}\}=\max\{38.51+2.25, 41.77+8.17\}=49.94$$

$$TP33=\max\{TP32+d_{3233}\}=\max\{49.94+2\}=51.94$$

$$TP34=\max\{TP33+d_{3334}\}=\max\{51.94+8.67\}=60.61$$

$$TP35=\max\{TP34+d_{3435}\}=\max\{60.61+2.08\}=62.69$$

$$TP36=\max\{TP35+d_{3536}\}=\max\{62.69+2.17\}=66.86$$

$$TP37=\max\{TP26+d_{2637}\}=\max\{11.76+16\}=27.76$$

$$TP38=\max\{TP37+d_{3738}\}=\max\{27.76+16\}=43.76$$

$$TP39=\max\{TP38+d_{3839}\}=\max\{43.76+8.33\}=52.09$$

$$TP40=\max\{TP16+d_{1640}, TP39+d_{3940}\}=\max\{80.25+8, 52.09+2.33\}=88.58$$

$$TP41=\max\{TP40+d_{4041}\}=\max\{88.58+8.67\}=97.25$$

El tiempo estimado del proyecto será de 115.75 horas

Tiempo más lejano de ocurrencia del evento i:

TLi: Es el momento más tardío en el cual puede ocurrir evento sin retrasar la terminación del proyecto.

Para calcular se inicia del nodo final avanzando hacia atrás, hasta llegar al nodo 1.

Pasos:

$$1) \text{ TL}_n = \text{TP}_n$$

$$2) \text{ TL}_i = \min\{\text{TL}_j - d_{ij} / (i, j) \text{ arco que sale de } i\}$$

$$\text{TL}_{41} = \text{TP}_{41} = 115.75$$

$$\text{TL}_{40} = \min\{\text{TL}_{41} - d_{4041}\} = \min\{115.75 - 8.67\} = 107.08$$

$$\text{TL}_{39} = \min\{\text{TL}_{40} - d_{3940}\} = \min\{107.08 - 2.33\} = 104.75$$

$$\text{TL}_{38} = \min\{\text{TL}_{39} - d_{3839}\} = \min\{104.75 - 8.33\} = 96.42$$

$$\text{TL}_{37} = \min\{\text{TL}_{38} - d_{3738}\} = \min\{96.42 - 16\} = 80.42$$

$$\text{TL}_{36} = \min\{\text{TL}_{39} - d_{3639}\} = \min\{104.75 - 8\} = 96.75$$

$$\text{TL}_{35} = \min\{\text{TL}_{36} - d_{3536}\} = \min\{96.75 - 2.17\} = 94.58$$

$$\text{TL}_{34} = \min\{\text{TL}_{35} - d_{3435}\} = \min\{94.58 - 2.08\} = 92.50$$

$$\text{TL}_{33} = \min\{\text{TL}_{34} - d_{3334}\} = \min\{92.50 - 8.67\} = 83.83$$

$$\text{TL}_{32} = \min\{\text{TL}_{33} - d_{3233}\} = \min\{83.83 - 2\} = 81.83$$

$$\text{TL}_{31} = \min\{\text{TL}_{32} - d_{3132}\} = \min\{81.83 - 2.25\} = 79.58$$

$$\text{TL}_{30} = \min\{\text{TL}_{31} - d_{3031}\} = \min\{79.58 - 3.08\} = 76.50$$

$$\text{TL}_{29} = \min\{\text{TL}_{32} - d_{2932}\} = \min\{81.83 - 8.17\} = 73.66$$

$$\text{TL}_{28} = \min\{\text{TL}_{29} - d_{2829}\} = \min\{73.66 - 3.17\} = 70.49$$

$$\text{TL}_{27} = \min\{\text{TL}_{28} - d_{2728}\} = \min\{70.49 - 3.17\} = 67.32$$

$$TL26=\min\{TL27-d2627, TL30-d2630, TL37-d2637\}=\min\{67.32-23.67, 76.50-23.67, 80.42-16\}=43.65$$

$$TL25=\min\{TL36-d2536\}=\min\{96.75-1.17\}=95.58$$

$$TL24=\min\{TL25-d2425\}=\min\{95.58-2.08\}=93.5$$

$$TL23=\min\{TL24-d2324\}=\min\{93.5-8.33\}=85.17$$

$$TL22=\min\{TL23-d2223\}=\min\{85.17-8\}=77.17$$

$$TL21=\min\{TL22-d2122\}=\min\{77.17-1.17\}=76$$

$$TL20=\min\{TL21-d2021\}=\min\{76-16.33\}=59.67$$

$$TL19=\min\{TL20-d1920\}=\min\{59.67-16\}=43.67$$

$$TL18=\min\{TL19-d1819\}=\min\{43.67-2.08\}=41.59$$

$$TL17=\min\{TL18-d1718\}=\min\{41.59-16\}=25.59$$

$$TL16=\min\{TL23-d1623, TL39-d1639, TL40-d1640\}=\min\{85.17-0, 104.75-8.17, 107.08-8\}=85.17$$

$$TL15=\min\{TL16-d1516\}=\min\{85.17-3.08\}=82.09$$

$$TL14=\min\{TL15-d1415\}=\min\{82.09-3\}=79.09$$

$$TL13=\min\{TL14-d1314\}=\min\{79.09-8.17\}=70.92$$

$$TL12=\min\{TL13-d1213\}=\min\{70.92-7.83\}=63.09$$

$$TL11=\min\{TL12-d1112\}=\min\{63.09-2.17\}=60.92$$

$$TL10=\min\{TL11-d1011\}=\min\{60.92-4\}=56.92$$

$$TL9 = \min\{TL10 - d910\} = \min\{56.92 - 24.33\} = 32.59$$

$$TL8 = \min\{TL9 - d89\} = \min\{32.59 - 16\} = 16.59$$

$$TL7 = \min\{TL9 - d79\} = \min\{32.59 - 0\} = 32.59$$

$$TL6 = \min\{TL7 - d67, TL8 - d68, TL17 - d617\} = \min\{32.59 - 16, 16.59 - 2.08, 25.59 - 16\} = 9.59$$

$$TL5 = \min\{TL6 - d56\} = \min\{9.59 - 1.17\} = 8.42$$

$$TL4 = \min\{TL5 - d45\} = \min\{8.42 - 2.17\} = 6.25$$

$$TL3 = \min\{TL4 - d34\} = \min\{6.25 - 2.17\} = 4.08$$

$$TL2 = \min\{TL3 - d23\} = \min\{4.08 - 2.08\} = 2$$

$$TL1 = \min\{TL2 - d12\} = \min\{2 - 2\} = 0$$

3.3.1.3. FASE DE CONTROL (HOLGURAS)

El control del proyecto está determinado por el conjunto de actividades como el control de tiempo, de costos, etc. Que se realizan paralelamente a la ejecución de actividades del proyecto con el fin de asegurar el cumplimiento del programa y tomar las medidas correctivas y necesarias si se presenta algunas desviaciones frente a lo planificado.

Holgura total de una actividad (i, j): HT (i, j)

Es la cantidad en la cual se puede aumentar la duración de una actividad hasta que la actividad posterior se inicie en el tiempo más lejano.

$$HT(i, j) = TL(j) - TP(i) - dij$$

Holgura libre de una actividad (i, j): HL (i, j)

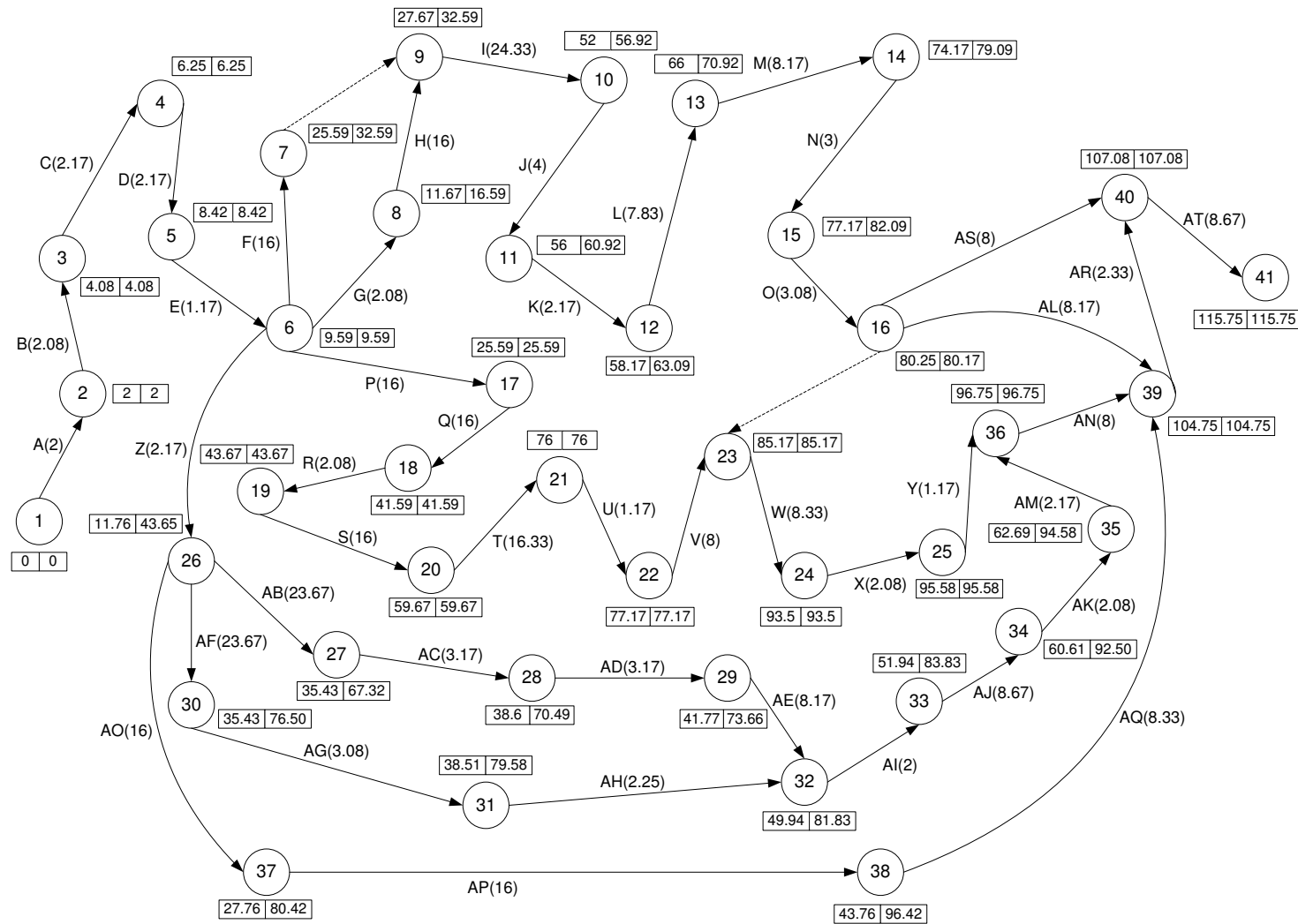
Es la cantidad en el cual se puede aumentar la duración de una actividad sin retrasar el tiempo de inicio más próximo a la actividad posterior.

$$HL(i, j) = TP(j) - TP(i) - dij$$

Ahora podemos decir que todo lo demás marcha a tiempo, la holgura para un evento indica cuanto retraso se puede tolerar para llegar a ese evento sin retrasar la terminación del proyecto, y la holgura para una actividad indica lo mismo respecto a un retraso en la terminación de esa actividad.

En la ilustración 13 representamos todas las holguras de las actividades.

Ilustración 13. Diagrama de Red con Holguras



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Holguras.

Actividades	TL(j)	TP(i)	d(i,j)	HT(i, j)	HL(i, j)
	0	0			
A Análisis exhaustivo de la situación	2	2	2.00	0.00	0
B Evaluación de trabajos a realizar	4.08	4.08	2.08	0.00	0
C Selección de contratistas	6.25	6.25	2.17	0.00	0
D Calibración de obra viva y obra muerta	8.42	8.42	2.17	0.00	0
E Calibración de patines	9.59	9.59	1.17	0.00	0
F Elaboración de plano de calibración	32.59	25.59	16.00	7.00	0
G Toma de medidas para flotabilidad	16.59	11.67	2.08	4.92	0
H Elaborar informe del estudio de flotabilidad	32.59	27.67	16.00	4.92	0
I Cambio de planchas según calibración y flotabilidad	56.92	52	24.33	4.92	0
J Prueba de estanqueidad	60.92	56	4.00	4.92	0
K Limpieza de sentina y cubierta	63.09	58.17	2.17	4.92	0
L Arenado tipo comercial	70.92	66	7.83	4.92	0
M Inspección técnica y pintura de casco	79.09	74.17	8.17	4.92	0
N Hidrolavado de los tubos de enfriamiento	82.09	77.17	3.00	4.92	0
O Limpieza de tanques de agua, petroleo y tuberías	85.17	80.25	3.08	4.92	0
P Desmontaje y reparación de bomba de gobierno	25.59	25.59	16.00	0.00	0
Q Desmontaje y reparación de pistón hidráulico	41.59	41.59	16.00	0.00	0
R Desmontaje de hélice, pala y abrazadera	43.67	43.67	2.08	0.00	0
S Desmontaje y alineamiento de eje varón	59.67	59.67	16.00	0.00	0
T Desmontaje y alineamiento de eje de propulsión	76	76	16.33	0.00	0
U Desmontaje de prensaestopa	77.17	77.17	1.17	0.00	0
V Rellenado y pulido de hélice	85.17	85.17	8.00	0.00	0
W Montaje de todas las piezas	93.5	93.5	8.33	0.00	0
X Alineamiento de propulsión y gobierno	95.58	95.58	2.08	0.00	0
Y Cementación de tuerca de bronce	96.75	96.75	1.17	0.00	0
Z (Grua)Desmontaje de motor y caja de la bancada	43.65	11.76	2.17	31.89	0
AB Reparación parcial de motor y cambio de repuestos	67.32	35.43	23.67	31.89	0
AC Limpieza, lubricación y engrase	70.49	38.6	3.17	31.89	0
AD Descarbonizado del Turbo compresor	73.66	41.77	3.17	31.89	0
AE Mantenimiento de bomba de agua	81.83	49.94	8.17	31.89	0
AF Overhold de caja y cambio de repuestos	76.5	35.43	23.67	41.07	0
AG Limpieza y lubricación de caja reductora	79.58	38.51	3.08	41.07	0
AH Cambio de acople tipo Centa	81.83	49.94	2.25	41.07	9
AI Montaje de motor y caja	83.83	51.94	2.00	31.89	0
AJ Limpieza y pintado de motor y caja	92.5	60.61	8.67	31.89	0
AK Cambio de filtros	94.58	62.69	2.08	31.89	0
AL Enfibrado del tubo de escape	104.75	104.75	8.17	16.33	16
AM (Grua)Montaje de motor y caja en su bancada	96.75	96.75	2.17	31.89	32
AN Alineamiento de caja con eje de propulsión	104.75	104.75	8.00	0.00	0
AO Mantenimiento del arrancador eléctrico	80.42	27.76	16.00	52.66	0
AP Mantenimiento del alternador	96.42	43.76	16.00	52.66	0
AQ Revisión e instalación de las redes eléctricas	104.75	104.75	8.33	52.66	53
AR Prueba de motor	107.08	107.08	2.33	0.00	0
AS Reparación del cajón protector del motor	107.08	107.08	8.00	18.83	19
AT Enjaretado de cubierta	115.75	115.75	8.67	0.00	0

Fuente. Elaboración propia

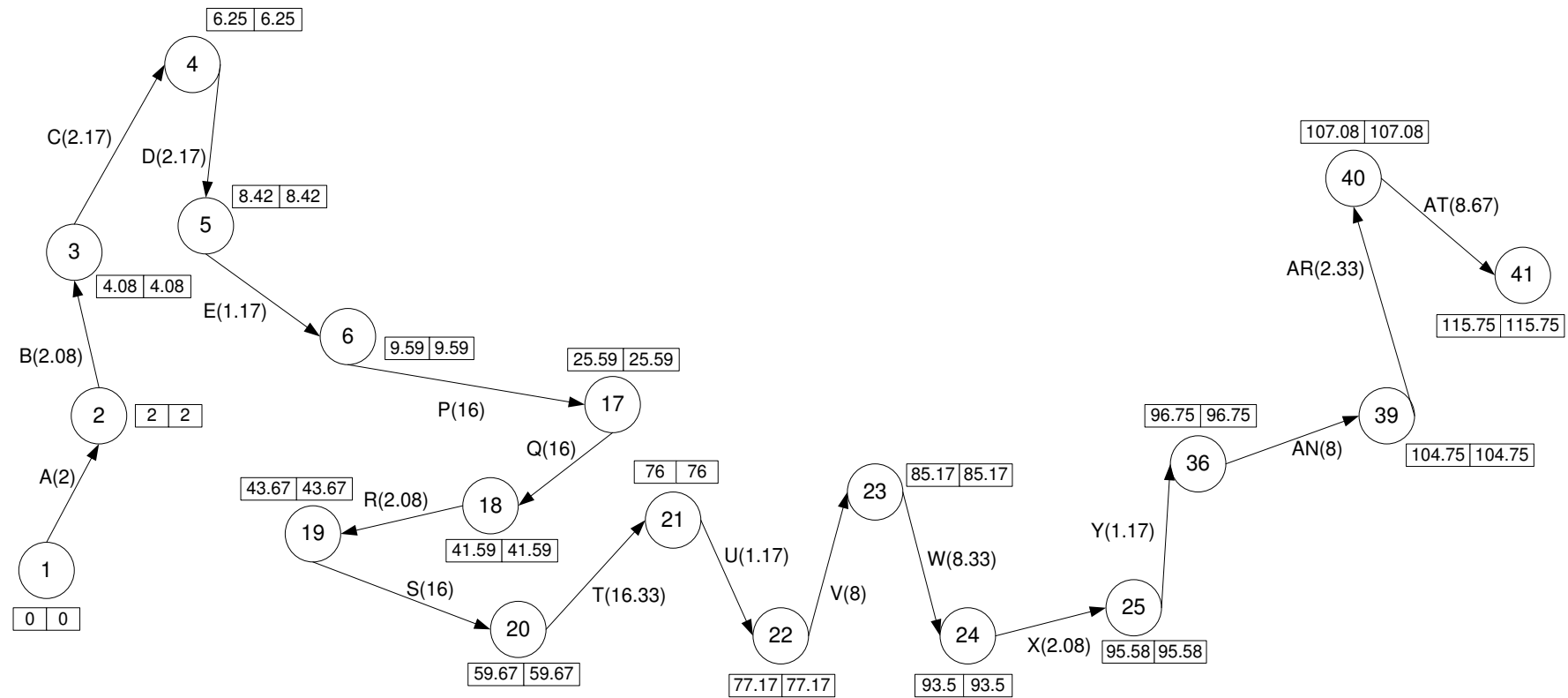
La tabla 7 muestra las holguras total y holguras libre, Las actividades que tienen holgura cero se encuentra en la ruta crítica, para una mejor visualización

se resaltó en color rojo. Así podemos observar que las actividades A-B-C-D-E-P-Q-R-S-T-U-V-W-X-Y-AN-AR-AT tienen una gran importancia en el fin del proyecto y nada podría retrasar su desarrollo de lo contrario no estaríamos cumpliendo con la fecha de entrega del proyecto.

Como se dijo anteriormente existen proyectos en los cuales vamos a encontrar 2 ó más rutas críticas pero el manejo de la información es indudable para el administrador del proyecto, ya que le permitirá investigar y dar mejoras en la planeación y así dar soluciones efectivas que amortigüen y contrarresten el impacto de los retrasos.

La ilustración 14 representa la red solo conteniendo las actividades de la ruta crítica.

Ilustración 14. Actividades que pertenecen a la ruta crítica.



Fuente: Elaboración propia.

Para poder demostrar la veracidad de nuestros resultados construiremos una formulación de programación lineal usando el método simplex ya que en este método se usa las variables auxiliares $Y(k)$ al igual que las variables de decisión $X(i)$.

Formulación de un Programa lineal PL

$$\text{F.O.: Min } Z = Y_f - Y_i$$

$$\text{S.A.: } Y_j \geq Y_i + T_{ij} \rightarrow Y_j - Y_i \geq T_{ij}$$

Para el ejemplo sería.

$$\text{F.O.: Min } Z = Y_4 - Y_1$$

$$\text{S.A.: } Y_2 - Y_1 \geq 2$$

$$Y_3 - Y_2 \geq 2.08$$

$$Y_4 - Y_3 \geq 2.17$$

$$Y_5 - Y_4 \geq 2.17$$

$$Y_6 - Y_5 \geq 1.17$$

$$Y_7 - Y_6 \geq 16$$

$$Y_8 - Y_6 \geq 2.08$$

$$Y_9 - Y_8 \geq 16$$

$$Y_9 - Y_7 \geq 0$$

$$Y_{10} - Y_9 \geq 24.33$$

$$Y_{11} - Y_{10} \geq 4$$

$$Y_{12} - Y_{11} \geq 2.17$$

$$Y_{13} - Y_{12} \geq 7.83$$

$$Y_{14} - Y_{13} \geq 8.17$$

$$Y_{15} - Y_{14} \geq 3$$

$$Y_{16} - Y_{15} \geq 3.08$$

$$Y_{17} - Y_6 \geq 16$$

$$Y_{18} - Y_{17} \geq 16$$

$$Y_{19} - Y_{18} \geq 2.08$$

$$Y_{20} - Y_{19} \geq 16$$

$$Y_{21} - Y_{20} \geq 16.33$$

$$Y_{22} - Y_{21} \geq 1.17$$

$$Y_{23} - Y_{22} \geq 8$$

$$Y_{23} - Y_{16} \geq 0$$

$$Y_{24} - Y_{23} \geq 8.33$$

$$Y_{25} - Y_{24} \geq 2.08$$

$$Y_{36} - Y_{25} \geq 1.17$$

$$Y_{26} - Y_6 \geq 2.17$$

$$Y_{27} - Y_{26} \geq 23.67$$

$$Y_{28} - Y_{27} \geq 3.17$$

$$Y_{29} - Y_{28} \geq 3.17$$

$$Y_{32} - Y_{29} \geq 8.17$$

$$Y_{30} - Y_{26} \geq 23.67$$

$$Y_{31} - Y_{30} \geq 3.08$$

$$Y_{32} - Y_{31} \geq 2.25$$

$$Y_{33} - Y_{32} \geq 2$$

$$Y_{34} - Y_{33} \geq 8.67$$

$$Y_{35} - Y_{34} \geq 2.08$$

$$Y_{36} - Y_{35} \geq 2.17$$

$$Y_{37} - Y_{26} \geq 16$$

$$Y_{38} - Y_{37} \geq 16$$

$$Y_{39} - Y_{38} \geq 8.33$$

$$Y_{39} - Y_{36} \geq 8$$

$$Y_{39} - Y_{16} \geq 8.17$$

$$Y_{40} - Y_{39} \geq 2.33$$

$$Y_{40} - Y_{16} \geq 8$$

$$Y_{41} - Y_{40} \geq 8.67$$

Yi S.R.S.

En este caso todas las restricciones las incorporamos al modelo.

Al incrementarse la cantidad de actividades también se incrementan el número de nodos en diagrama de red y por consecuencia nuestras restricciones en la formulación de un PL también aumentan.

3.3.2. COMPROBACIÓN DE RESULTADOS CON LINGO 11.0

El LINGO (Linear Generalize optimizer) es un programa muy usado para formular problemas lineales y no lineales, esta herramienta nos facilita la optimización de resultados como por ejemplo las utilidades más altas o los costos más bajos según sea nuestra interrogante. Su característica más relevante es que se basa usando modelos matemáticos.

En la ilustración 5 vemos la formulación de un PL diseñado en LINGO 11.0 para eso tomamos los datos de las restricciones y del diagrama de red.

Ilustración 15. Formulación de programa en *LINGO 11.0*

```
! FORMULACION: PROGRAMA EN LINGO PARA HALLAR LA HOLGURA LIBRE Y TOTAL
AUTOR: EDGAR QUISPE CUADROS
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL;

MODEL:
SETS:
NODES/1..41/:TP, LT;
ARCS(NODES,NODES)/1,2 2,3 3,4 4,5 5,6 6,7 6,8 8,9 7,9 9,10 10,11
11,12 12,13, 13,14 14,15 15,16 16,23 6,17 17,18 18,19 19,20 20,21
21,22 22,23 23,24 24,25 25,36 6,26 26,27 27,28 28,29 29,32 26,30 30,31
31,32 32,33 33,34 34,35 16,39 35,36 36,39 26,37 37,38 38,39 39,40
16,40 40,41/:DURACION, HOLGURA;

ENDSETS
DATA:
DURACION=2, 2.08, 2.17, 2.17, 1.17, 16, 2.08, 16, 0, 24.33, 4, 2.17,
7.83, 8.17,
3, 3.08, 0, 16, 16, 2.08, 16, 16.33, 1.17, 8, 8.33, 2.08, 1.17, 2.17,
23.67, 3.17,
3.17, 8.17, 23.67, 3.08, 2.25, 2, 8.67, 2.08, 8.17, 2.17, 8, 16, 16,
8.33, 2.33, 8, 8.67 ;

ENDDATA
TP(1)=0;
@FOR(NODES(J) | J#GT#1: TP(J)=@MAX(ARCS(I,J): TP(I)+DURACION(I,J)););
LNODE=@SIZE(NODES);
LT(LNODE)=TP(LNODE);
@FOR(NODES(I) | I#LT#LNODE:
LT(I)=@MIN(ARCS(I,J): LT(J)-DURACION(I,J)););
@FOR(ARCS(I,J): HOLGURA(I,J)=LT(J)-TP(I)-DURACION(I,J));
END
```

Fuente. Elaboración propia

Los resultados de la compilación del programa lo vemos en la ilustración 16, aquí observamos los tiempos más próximos TP_i , tiempos más lejanos TL_i , duración y holguras.

Ilustración 16. Resultados de comprobación con *LINGO 11.0*

Feasible solution found.
Total solver iterations:

0

Variable	Value
LNODE	41.00000
TP(1)	0.000000
TP(2)	2.000000
TP(3)	4.080000
TP(4)	6.250000
TP(5)	8.420000
TP(6)	9.590000
TP(7)	25.59000
TP(8)	11.67000
TP(9)	27.67000
TP(10)	52.00000
TP(11)	56.00000
TP(12)	58.17000
TP(13)	66.00000
TP(14)	74.17000
TP(15)	77.17000
TP(16)	80.25000
TP(17)	25.59000
TP(18)	41.59000
TP(19)	43.67000
TP(20)	59.67000
TP(21)	76.00000
TP(22)	77.17000
TP(23)	85.17000
TP(24)	93.50000
TP(25)	95.58000
TP(26)	11.76000
TP(27)	35.43000
TP(28)	38.60000
TP(29)	41.77000
TP(30)	35.43000
TP(31)	38.51000
TP(32)	49.94000
TP(33)	51.94000
TP(34)	60.61000
TP(35)	62.69000
TP(36)	96.75000
TP(37)	27.76000
TP(38)	43.76000
TP(39)	104.7500
TP(40)	107.0800
TP(41)	115.7500
LT(1)	0.000000
LT(2)	2.000000
LT(3)	4.080000
LT(4)	6.250000
LT(5)	8.420000
LT(6)	9.590000
LT(7)	32.59000
LT(8)	16.59000
LT(9)	32.59000

Tiempos más
próximos TP_i

Tiempos más
lejanos TL_i

LT(10)	56.92000
LT(11)	60.92000
LT(12)	63.09000
LT(13)	70.92000
LT(14)	79.09000
LT(15)	82.09000
LT(16)	85.17000
LT(17)	25.59000
LT(18)	41.59000
LT(19)	43.67000
LT(20)	59.67000
LT(21)	76.00000
LT(22)	77.17000
LT(23)	85.17000
LT(24)	93.50000
LT(25)	95.58000
LT(26)	43.65000
LT(27)	67.32000
LT(28)	70.49000
LT(29)	73.66000
LT(30)	76.50000
LT(31)	79.58000
LT(32)	81.83000
LT(33)	83.83000
LT(34)	92.50000
LT(35)	94.58000
LT(36)	96.75000
LT(37)	80.42000
LT(38)	96.42000
LT(39)	104.7500
LT(40)	107.0800
LT(41)	115.7500
DURACION(1, 2)	2.000000
DURACION(2, 3)	2.080000
DURACION(3, 4)	2.170000
DURACION(4, 5)	2.170000
DURACION(5, 6)	1.170000
DURACION(6, 7)	16.00000
DURACION(6, 8)	2.080000
DURACION(8, 9)	16.00000
DURACION(7, 9)	0.000000
DURACION(9, 10)	24.33000
DURACION(10, 11)	4.000000
DURACION(11, 12)	2.170000
DURACION(12, 13)	7.830000
DURACION(13, 14)	8.170000
DURACION(14, 15)	3.000000
DURACION(15, 16)	3.080000
DURACION(16, 23)	0.000000
DURACION(6, 17)	16.00000
DURACION(17, 18)	16.00000
DURACION(18, 19)	2.080000
DURACION(19, 20)	16.00000
DURACION(20, 21)	16.33000
DURACION(21, 22)	1.170000
DURACION(22, 23)	8.000000
DURACION(23, 24)	8.330000
DURACION(24, 25)	2.080000
DURACION(25, 36)	1.170000

	DURACION(6, 26)	2.170000
	DURACION(26, 27)	23.67000
	DURACION(27, 28)	3.170000
	DURACION(28, 29)	3.170000
	DURACION(29, 32)	8.170000
	DURACION(26, 30)	23.67000
	DURACION(30, 31)	3.080000
	DURACION(31, 32)	2.250000
	DURACION(32, 33)	2.000000
	DURACION(33, 34)	8.670000
	DURACION(34, 35)	2.080000
	DURACION(16, 39)	8.170000
	DURACION(35, 36)	2.170000
	DURACION(36, 39)	8.000000
	DURACION(26, 37)	16.00000
	DURACION(37, 38)	16.00000
	DURACION(38, 39)	8.330000
	DURACION(39, 40)	2.330000
	DURACION(16, 40)	8.000000
	DURACION(40, 41)	8.670000
	HOLGURA(1, 2)	0.000000
	HOLGURA(2, 3)	0.000000
Holgura total igual a cero	HOLGURA(3, 4)	0.000000
	HOLGURA(4, 5)	0.000000
	HOLGURA(5, 6)	0.000000
	HOLGURA(6, 7)	7.000000
	HOLGURA(6, 8)	4.920000
	HOLGURA(8, 9)	4.920000
	HOLGURA(7, 9)	7.000000
	HOLGURA(9, 10)	4.920000
	HOLGURA(10, 11)	4.920000
	HOLGURA(11, 12)	4.920000
	HOLGURA(12, 13)	4.920000
	HOLGURA(13, 14)	4.920000
	HOLGURA(14, 15)	4.920000
	HOLGURA(15, 16)	4.920000
	HOLGURA(16, 23)	4.920000
	HOLGURA(6, 17)	0.000000
	HOLGURA(17, 18)	0.000000
	HOLGURA(18, 19)	0.000000
	HOLGURA(19, 20)	0.000000
Holgura total igual a cero	HOLGURA(20, 21)	0.000000
	HOLGURA(21, 22)	0.000000
	HOLGURA(22, 23)	0.000000
	HOLGURA(23, 24)	0.000000
	HOLGURA(24, 25)	0.000000
	HOLGURA(25, 36)	0.000000
	HOLGURA(6, 26)	31.89000
	HOLGURA(26, 27)	31.89000
	HOLGURA(27, 28)	31.89000
	HOLGURA(28, 29)	31.89000
	HOLGURA(29, 32)	31.89000
	HOLGURA(26, 30)	41.07000
	HOLGURA(30, 31)	41.07000
	HOLGURA(31, 32)	41.07000
	HOLGURA(32, 33)	31.89000
	HOLGURA(33, 34)	31.89000
	HOLGURA(34, 35)	31.89000
	HOLGURA(16, 39)	16.33000

		HOLGURA (35, 36)	31.89000
	←	HOLGURA (36, 39)	0.000000
Holgura total	←	HOLGURA (26, 37)	52.66000
igual a cero	←	HOLGURA (37, 38)	52.66000
	←	HOLGURA (38, 39)	52.66000
		HOLGURA (39, 40)	0.000000
		HOLGURA (16, 40)	18.83000
		HOLGURA (40, 41)	0.000000
		Row	Slack or
Surplus		1	0.000000
		2	0.000000
		3	0.000000
		4	0.000000
		5	0.000000
		6	0.000000
		7	0.000000
		8	0.000000
		9	0.000000
		10	0.000000
		11	0.000000
		12	0.000000
		13	0.000000
		14	0.000000
		15	0.000000
		16	0.000000
		17	0.000000
		18	0.000000
		19	0.000000
		20	0.000000
		21	0.000000
		22	0.000000
		23	0.000000
		24	0.000000
		25	0.000000
		26	0.000000
		27	0.000000
		28	0.000000
		29	0.000000
		30	0.000000
		31	0.000000
		32	0.000000
		33	0.000000
		34	0.000000
		35	0.000000
		36	0.000000
		37	0.000000
		38	0.000000
		39	0.000000
		40	0.000000
		41	0.000000
		42	0.000000
		43	0.000000
		44	0.000000
		45	0.000000
		46	0.000000
		47	0.000000
		48	0.000000

49	0.000000
50	0.000000
51	0.000000
52	0.000000
53	0.000000
54	0.000000
55	0.000000
56	0.000000
57	0.000000
58	0.000000
59	0.000000
60	0.000000
61	0.000000
62	0.000000
63	0.000000
64	0.000000
65	0.000000
66	0.000000
67	0.000000
68	0.000000
69	0.000000
70	0.000000
71	0.000000
72	0.000000
73	0.000000
74	0.000000
75	0.000000
76	0.000000
77	0.000000
78	0.000000
79	0.000000
80	0.000000
81	0.000000
82	0.000000
83	0.000000
84	0.000000
85	0.000000
86	0.000000
87	0.000000
88	0.000000
89	0.000000
90	0.000000
91	0.000000
92	0.000000
93	0.000000
94	0.000000
95	0.000000
96	0.000000
97	0.000000
98	0.000000
99	0.000000
100	0.000000
101	0.000000
102	0.000000
103	0.000000
104	0.000000
105	0.000000
106	0.000000
107	0.000000

108	0.000000
109	0.000000
110	0.000000
111	0.000000
112	0.000000
113	0.000000
114	0.000000
115	0.000000
116	0.000000
117	0.000000
118	0.000000
119	0.000000
120	0.000000
121	0.000000
122	0.000000
123	0.000000
124	0.000000
125	0.000000
126	0.000000
127	0.000000
128	0.000000
129	0.000000
130	0.000000

Fuente. Elaboración propia

Esta comprobación es un método alternativo para poder verificar si los resultados que nos bota el diagrama de red que hemos resuelto manualmente es la solución correcta o que la ruta crítica que nos muestra el Ms. Project de la ilustración 17 es verídica, lo que queríamos demostrar (lqqd).

3.3.3. ASIGNACIÓN DE RECURSOS APLICANDO EL MÉTODO DE SHAFFER

Este método consiste en la modificación de la secuencia de las actividades en forma tal que se respeten las disponibilidades de los recursos y se minimicen los posibles incrementos en la duración del proyecto en el plano original.

Para poder aplicar este método se requiere:

- a. El diagrama de red del proyecto.

- b. La duración estimada.
- c. La cantidad de recursos en las actividades.
- d. El nivel máximo de cada recurso.

Un recurso es todo elemento que se usa para la realización de las actividades y el término de nuestro proyecto.

Existen tres tipos de recursos: recursos de trabajo, recursos de materiales y recursos de costos. A continuación sus definiciones.

Recursos de trabajo.

Definimos recurso de trabajo a todo lo que demanda esfuerzo y está relacionado con el tiempo, ejemplo.

Personas identificadas con su nombre Marco Mendoza, Juan Vidal.

Personas identificadas por su labor Albañil, Ingeniero, Supervisor.

Máquinas Torno, Camión, Mescladora.

Recurso Material.

Es todo material que se utiliza para elaborar la tarea, estos recursos deben tener bien determinado las unidades que se usan, por ejemplo.

Ladrillos → Millar

Agua → Metros Cúbicos

Recursos de Costo

Este tipo de recurso se calcula en forma individual para cada actividad, son recursos que no están estandarizados y no dependen directamente del tiempo de cada actividad y los costos son diferentes en cada tarea, por ejemplo

Los costos de alimentos son diferentes en cada ciudad.

Los costos de viajes igualmente son diferentes.

La tabla 8 que mostramos a continuación representan la capacidad a la que van a trabajar todos los recursos, estos recursos están conformados por personal de la empresa y personal contratista.

Tabla 8. Recursos disponibles

Recurso	Capacidad Máxima
Supervisor	100%
Coord. Logístico	100%
Indumetsa	100%
Arnicol	100%
Neciosup	100%
Cisneros	100%
J.L. Jonny	100%
Zea	100%
Oscar Nieto	100%
Gruas Z & G	100%
Bc Marine Services	100%
K.Ttos Ing. navales	100%
Mc. Trade	100%
Fapma	100%

Fuente. Elaboración propia

Tabla 9. Distribución de recursos por actividad

Nombre de la tarea	Recurso
Análisis exhaustivo de la situación	Supervisor
Evaluación de trabajos a realizar	Supervisor
Selección de contratistas	Coord. Logístico
Calibración de obra viva y obra muerta	Bc Marine Services
Calibración de patines	Bc Marine Services
Elaboración de plano de calibración	Bc Marine Services
Toma de medidas para flotabilidad	K.Ttos Ing. navales
Elaborar informe del estudio de flotabilidad	K.Ttos Ing. navales
Cambio de planchas de acuerdo al estudio	Indumetsa
Prueba de estanqueidad	Indumetsa
Limpieza de sentina y cubierta	Arnicol
Arenado tipo comercial	Arnicol
Inspección técnica y pintura de casco	Arnicol,Supervisor
Hidrolavado de los tubos de enfriamiento	Arnicol
Limpieza de tanques de agua, petroleo y tuberías	Arnicol
Desmontaje y reparación de bomba de gobierno	Neciosup
Desmontaje y reparación de pistón hidráulico	Neciosup
Desmontaje de hélice, pala y abrazadera	Zea
Desmontaje y alineamiento de eje varón	Zea
Desmontaje y alineamiento de eje de propulsión	Zea
Desmontaje de prensaestopa	Zea
Rellenado y pulido de hélice	Zea
Montaje de todas las piezas	Zea
Alineamiento de propulsión y gobierno	Zea
Cementación de tuerca de bronce	Zea,Supervisor
(Grua)Desmontaje de motor y caja de la bancada	Gruas Z & G
Reparación parcial de motor y cambio de repuestos	Neciosup
Limpieza, lubricación y engrase	Neciosup
Descarbonizado del Turbo compresor	Neciosup
Mantenimiento de bomba de agua	Neciosup
Overhold de caja y cambio de repuestos	Mc. Trade
Limpieza y lubricación	Mc. Trade
Cambio de acople tipo Centa	Mc. Trade
Montaje de motor y caja	Mc. Trade
Limpieza y pintado de motor y caja	Arnicol
Cambio de filtros	Neciosup
Enfibrado del tubo de escape	Fapma
(Grua)Montaje de motor y caja en su bancada	Gruas Z & G
Alineamiento de caja con eje de propulsión	Zea
Mantenimiento del arrancador eléctrico	Oscar Nieto
Mantenimiento del alternador	Oscar Nieto
Revisión e instalación de las redes eléctricas	Oscar Nieto
Prueba de motor	Neciosup
Reparación del cajón protector del motor	Cisneros
Enjaretado de cubierta	Cisneros

Fuente. Elaboración propia

La tabla 9 muestra la ilustración de los recursos para cada actividad.

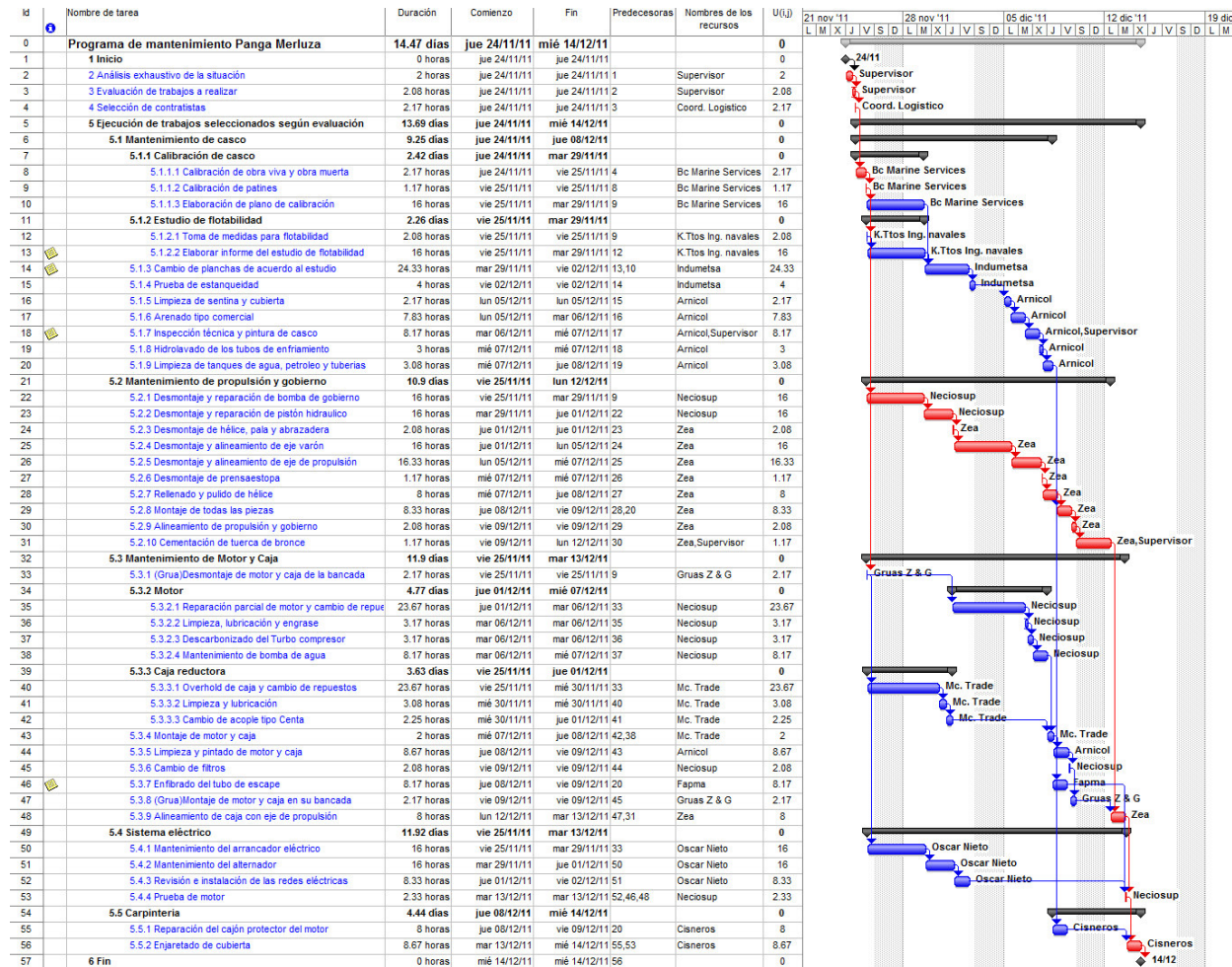
3.3.4. MICROSOFT PROJECT COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN.

Es un software en cual se puede planear las tareas o actividades que uno considera para el proyecto en forma sistemática, organizar las actividades en forma jerárquica, se puede asignarle recursos y costos, obtener la gráfica de lo planeado y tener impreso todo el trabajo.

Actualmente este software está siendo usado en muchos lugares donde se trabaja con obras, la implementación de este modelo cambiará la perspectiva de los supervisores que nunca usaron estas herramientas, su trabajo se valora más y se hace más confiable que es lo que siempre se busca en toda organización.

A continuación el diagrama de Gantt y los recursos ya distribuidos en la ilustración 17.

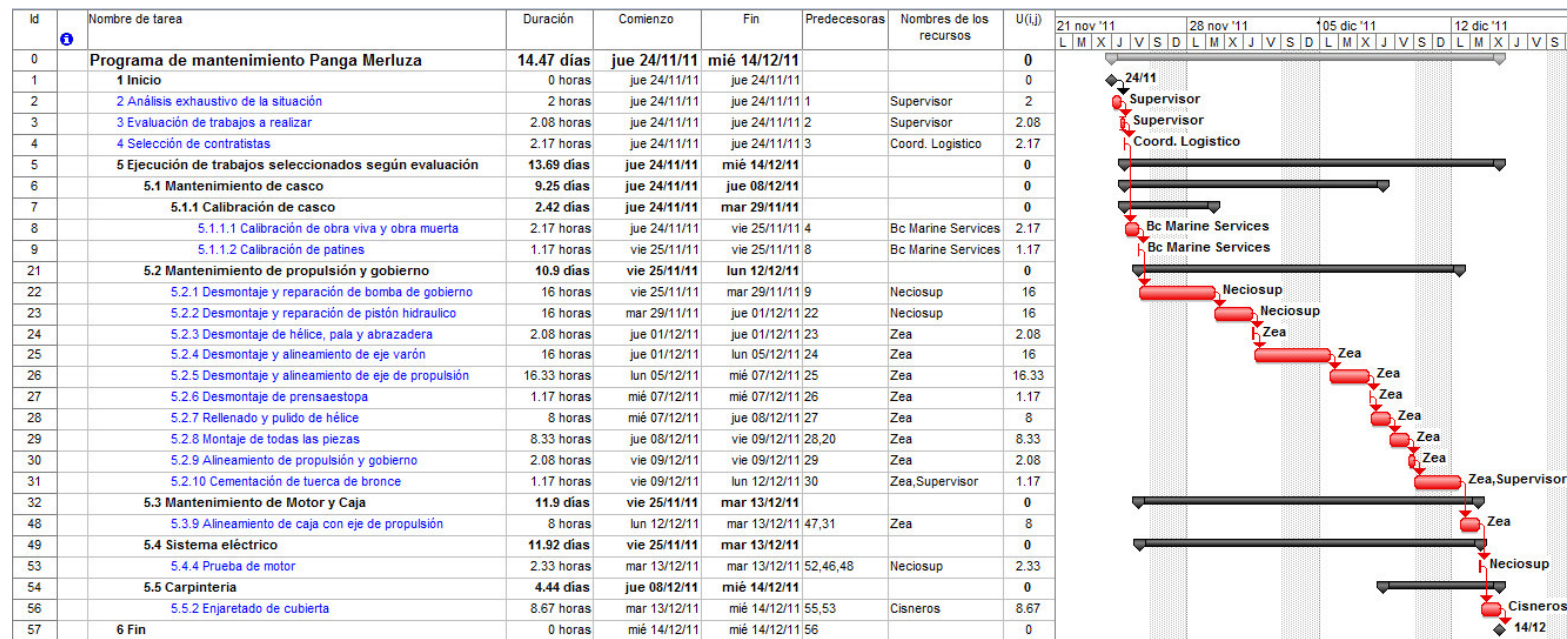
Ilustración 17. Diagrama de Gantt.



Fuente. Elaboración propia

La distribución de las actividades como podemos observar se dividió en actividades y sub actividades para una mejor desarrollo, el Ms. Project están versátil que muestra casi todo en una sola pantalla lo que lo hace muy útil para proyectos, en las columnas se tiene la fecha de inicio de cada actividad, fecha de término, duración de actividades, las tareas predecesoras, los recursos, entre otros. La ilustración 18 muestra la ruta crítica que anteriormente se mostró en la tabla 7.

Ilustración 18. Ruta Crítica



Fuente. Elaboración propia

La ruta crítica está comprendida por un conjunto de tareas, esta comprende todas las barras de color rojo, para terminar a tiempo el supervisor tiene que estar siempre en coordinación con los proveedores dicho de otra manera en el mantenimiento de nuestra Panga el supervisor deberá estar atento cuando termina un tramo del trabajo y de inmediato empezar con el otro tramo de la obra que le sigue de forma inmediata según el diagrama de Gantt ya que de lo contrario lo que se pueda ver en un simple papel o una pantalla quedará solo en eso. Además se muestra el comienzo de los trabajos y el fin de estos, en el grafico podemos ver que el comienzo de las labores será el jueves 24 de noviembre y el fin será el miercoles14 de diciembre el cual tendrá un tiempo de duración de 14. 47 días redondeando al máximo entero será de 15 días hábiles que nos tomará la obra.

3.4. COSTO DE EJECUCIÓN DE UNA OBRA DE MANTENIMIENTO

En cuanto al costo de los empleados, el costo del servicio por parte de los proveedores y el costo total de la obra de mantenimiento de la Panga Merluza se tomaron algunas consideraciones las cuales se detallan a continuación:

1. El pago al supervisor y coordinador de logística se consideró a s/. 25 la hora para cada uno, este dato es un aproximado.
2. El pago a la grúa telescópica es de s/. 80 la hora

3. Los demás costos están siendo considerados como costos fijos ya que el proveedor cobra por un trabajo específico antes de iniciar la obra.

Ilustración 19. Estadística del proyecto

Estadísticas del proyecto 'Panga Merluza'			
	Comienzo		Fin
Actual	jue 24/11/11		mié 14/12/11
Previsto	NOD		NOD
Real	NOD		NOD
Variación	0d		0d
	Duración	Trabajo	Costo
Actual	14.47d	352.52h	S/. 29,262.95
Previsto	0d?	0h	S/. 0.00
Real	0d	0h	S/. 0.00
Restante	14.47d	352.52h	S/. 29,262.95
Porcentaje completado:			
Duración: 0% Trabajo: 0%			
			Cerrar

Fuente. Elaboración propia

El costo total de la obra asciende a s/. 29,262.95 este valor es referencial porque dependerá de la cantidad de actividades que se llevaran a cabo, no todas las embarcaciones tienen las mismas condiciones de averías, tampoco la intensidad de la avería será la misma para todas, es por eso que los costos siempre varían.

CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES EN OBRA

Es importante conocer en qué consisten las actividades que se suelen trabajar en una obra de mantenimiento de mantenimiento de flota pesquera porque esto permite tener más control de lo que se está realizando. En nuestro diagrama de Gantt son más de cincuenta actividades, al ser demasiado extenso solo describimos algunas de las más importantes a continuación.

4.1. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD.

Son pruebas de presión interna de aire a la que se someten los tanques de flotación y como su mismo nombre lo dice el tanque de flotación sirve para que la embarcación se mantenga a flote. Los tanques de flotación de las embarcaciones llámese tanques de flotación estribor, babor y si hubieran tanques de flotación de proa y popa también deberán pasar dichas pruebas a fin de corroborar la hermeticidad de los tanques es decir que no presenten fugas. El problema radica en que puede haber una mala inspección por parte del supervisor de la obra, al suceder esta mala inspección las consecuencias pueden ser fatales, una fuga provoca que al estar la embarcación a flote puede entrar el agua por este agujero y llenarse poco a poco el tanque de flotación en consecuencia la embarcación se vuelve más pesada ocasionando su inundación y grandes pérdidas económicas a la empresa.

En la ilustración 20 mostramos un manómetro instalado a uno de los tanques de flotación de la Panga Merluza indicando una presión de 3 PSI. Esta presión no es la misma para todos los tanques dependerá del volumen del tanque de la embarcación.

Ilustración 20. Manómetro indicando una presión en el tanque de 3 PSI



Fuente. TASA

4.2. ENJARETADO DE CUBIERTA.

Esta actividad de mantenimiento consiste en colocar listones de madera por toda la cubierta de la embarcación a fin de poder drenar fácilmente el agua que se suele meter en la embarcación dificultando la normal faena, además facilita el tránsito del motorista y tripulantes. Existen diferentes tipos de enjaretado dependiendo de la zona en donde se quiera hacer la reparación. Este trabajo de mantenimiento se realiza porque las embarcaciones que llegan para realizar pruebas en carena llegan sin enjaretado o en todo caso llegan con enjaretado incompleto y destrozado casi todos los listones de madera producto de las tareas de pesca, la embarcación en altamar realiza movimientos sinuosos y es allí cuando estos listones de madera chocan, se desubican de sus lugares y se rompen, por esta razón se suele hacer los trabajos de mantenimiento. Vea la ilustración 21.

Ilustración 21. Operario reacomodando el enjaretado



Fuente. TASA

4.3. CALIBRACION DE CASCO.

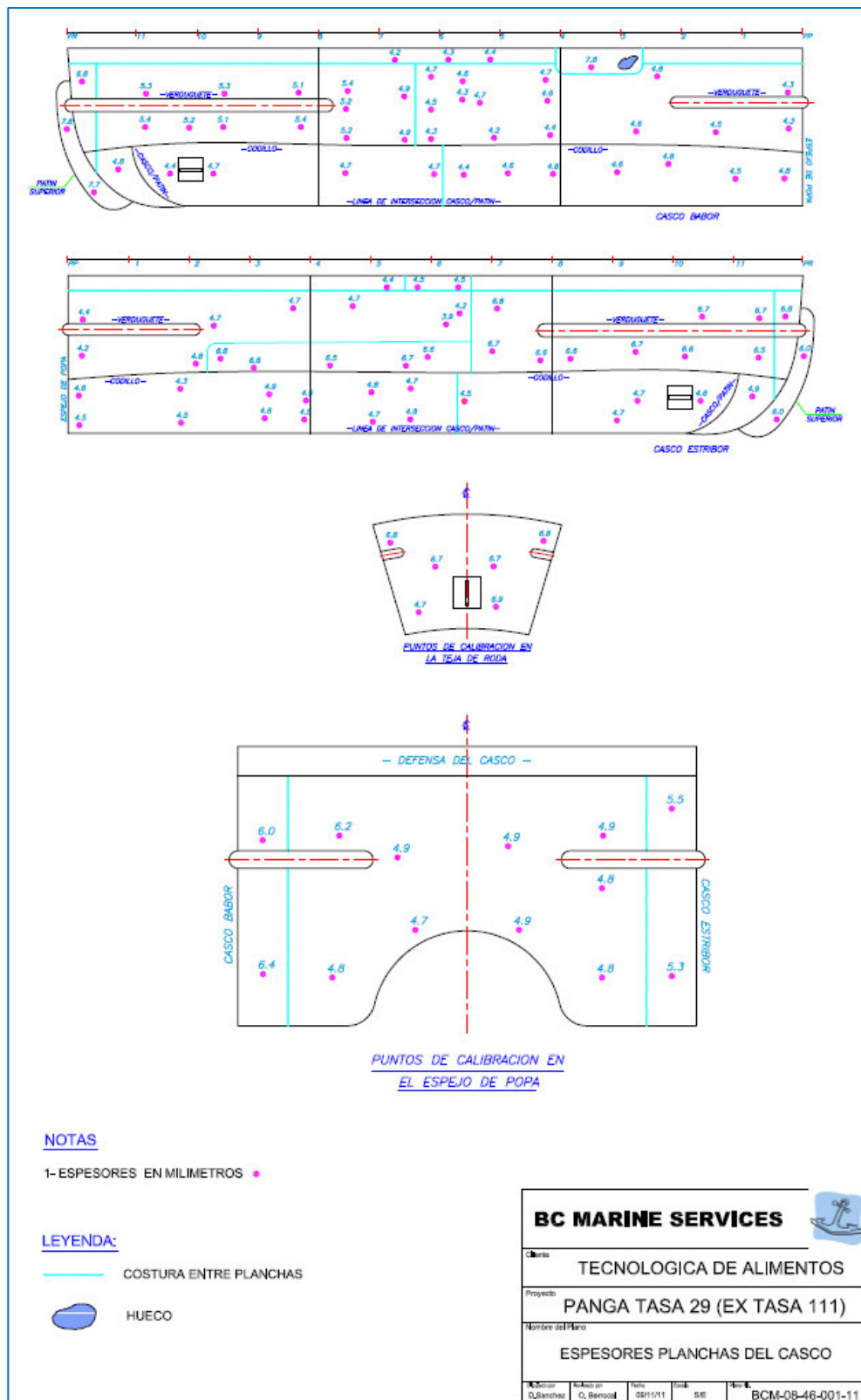
El espesor del casco de las embarcaciones está calculada para un determinado esfuerzo en determinadas zonas de este, por ejemplo las planchas de acero naval de la aparadura (parte baja) pueden ser de 15 mm de espesor, las del pantoque (curvatura) de 12 mm, las planchas verticales de 9 mm, y las de la amurada de 6 mm.

Todas ellas también se oxidan (producen óxido de hierro) y por supuesto van disminuyendo su espesor con el tiempo. Una práctica común de las sociedades clasificadoras en Control de Calidad Internacional es que se calibren las planchas del casco y pasando de 20 a 30 % de desgaste

estos son criterios de distintos clasificadores según experiencias de los inspectores las planchas deben renovarse, esto independientemente de la magnitud de las deformaciones que también determinan la renovación de las planchas.

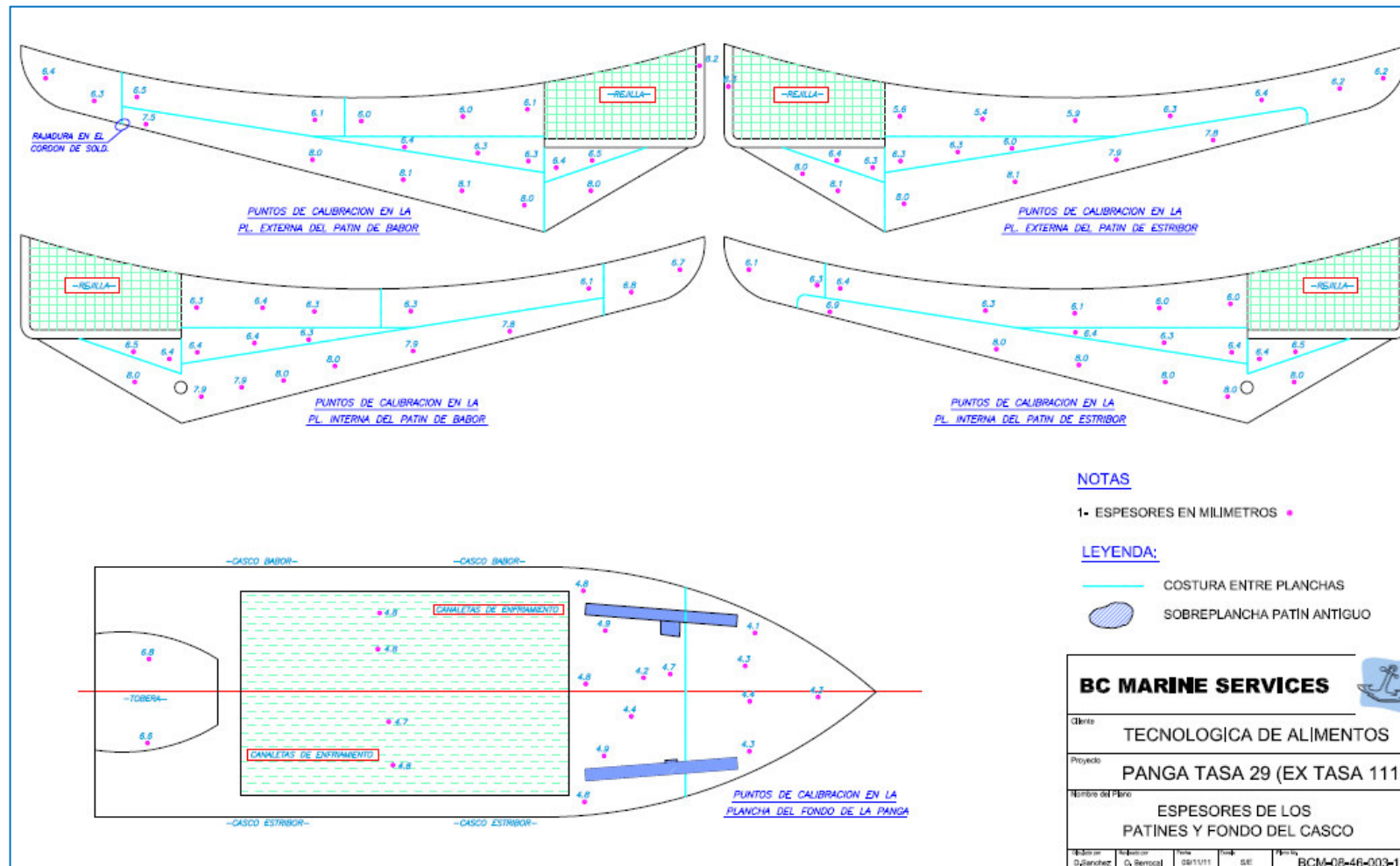
En el caso nuestro el trabajo lo realizó una empresa especialista en calibraciones, ellos proceden a limpiar las zonas donde van a medir el espesor de la plancha y mediante un aparato aplicado en un punto fijo de la plancha pueden calcular el espesor con mucha precisión. Para ilustrar lo dicho se muestra la calibración que se le hizo a la panga TASA 29 ya que no se pudo conseguir el de la panga Merluza, el método de calibración es el mismo para todos. Las ilustraciones 22, 23 y 24 nos muestran todas las vistas de la panga y los puntos donde se calibraron.

Ilustración 22. Calibración de casco



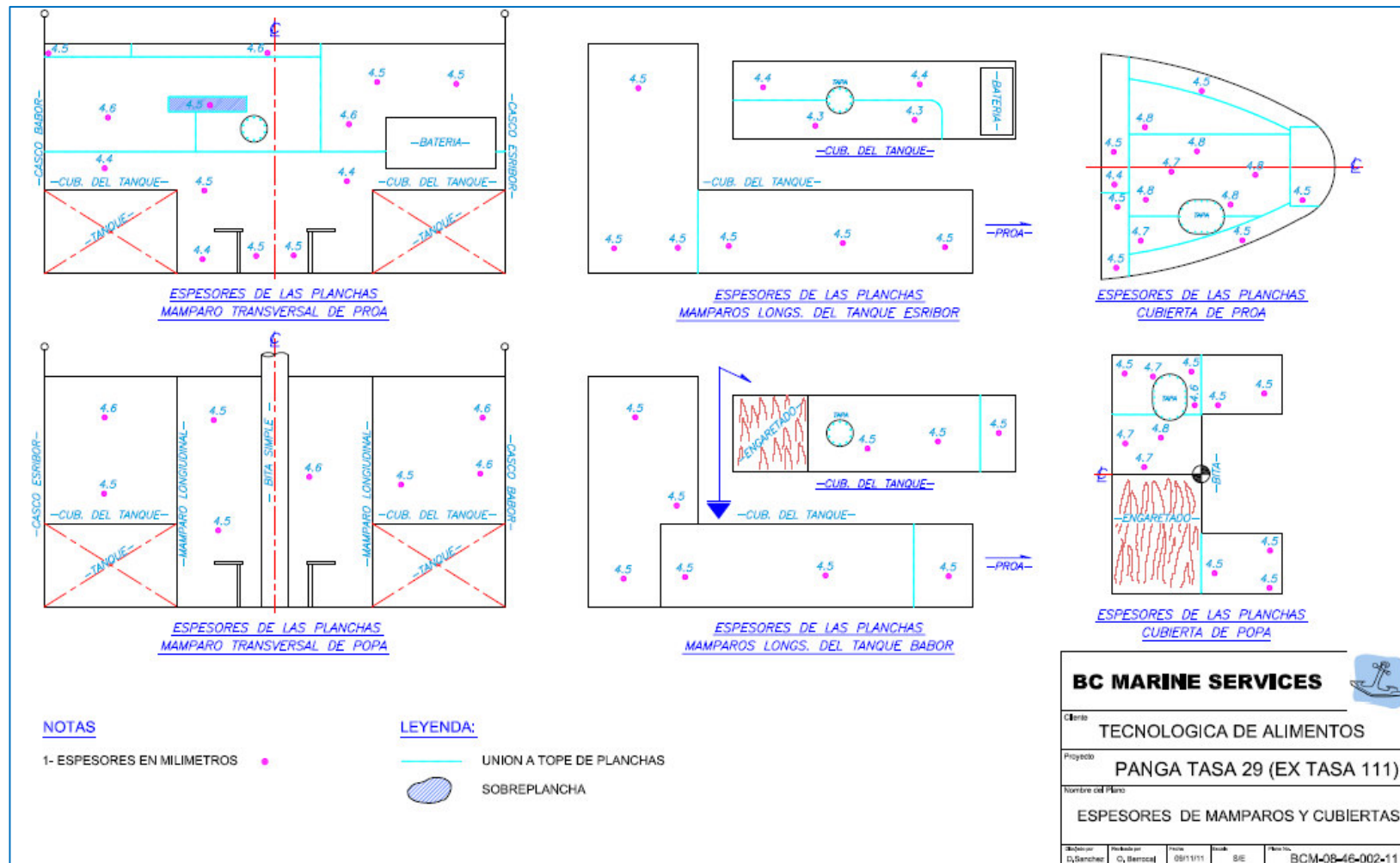
Fuente. TASA

Ilustración 23. Espesores de la plancha en los patines y fondo del casco



Fuente. TASA

Ilustración 24. Espesores de mamparos y cubiertas



Fuente. TASA

4.4. PINTURA DE CASCO.

La pintura se aplica por una simple razón las capas de pintura en los cascos de las naves obedece a la necesidad de proteger las planchas de acero contra la oxidación, contra las incrustaciones marinas, etc. Los fabricantes recomiendan la renovación de las capas de pintura de acuerdo a un plan de pintura aplicado. Por ejemplo un plan de 5 capas es diferente que un plan de 7 capas de pintura; un plan con capas de anticorrosivo, anti incrustante y acabado es distinto que el que solo tiene capas de pintura de acabado.

Existen hoy en día métodos y técnicas nuevas como mejorar y ampliar el tiempo de vida de protección de la pintura, uno de los controles más importantes es el espesor de la pintura, este se mide en micras (sistema métrico decimal) o Mils (sistema ingles de pulgadas) en este caso particular la panga Merluza llevo tres capas de pintura base anticorrosivo (Protecto 3B), antifouling(pintura que actúa como veneno ante incrustaciones de los moluscos), pintura de acabado(Duroflex). El espesor de la pintura de la panga fue de 20 Mils el cual está dentro de las tolerancias y para embarcaciones de mayor volumen el tiempo de vida de la pintura puede llegar hasta cinco años cuando se le hace un buen arenado al blanco. Para el cálculo del espesor existen también diversos aparatos electrónicos que ayudan a medir este espesor de la pintura. Algunos especialistas aconsejan dar mantenimiento en seco de la pintura cada dos años. Vea tales diferencias en la ilustración 25 y 26.

Ilustración 25. Panga antes de la pintura



Fuente. TASA

Ilustración 26. Panga después de la pintura



Fuente. TASA

4.5. MANTENIMIENTO DEL MOTOR Y CAJA REDUCTORA.

El mantenimiento del motor suele ser muy complejo porque está constituido por muchos subsistemas, generalmente recibe un mantenimiento de tipo parcial es decir cambio de algunos repuestos y alineamiento de caja, esto se suele hacer cuando la panga se necesita con mucha urgencia y no puede estar parado mucho tiempo aunque el mantenimiento debería ser total o más conocido como Over haul para prolongar la vida útil de los equipos. El Over haul es el despiece total del motor donde se suelen incluir la sustitución de válvulas, juntas, rodamientos, casquillos, camisas de cilindros, pistones, segmentos, filtros, muelles, etc. El cambio de estos repuestos se consulta en el manual del motor y lo pedimos en almacén previa reserva en el sistema SAP.

La caja reductora es quien reduce la velocidad del motor mediante un conjunto de engranajes y la unión entre motor y caja se hace mediante un acoplamiento tipo brida. La ilustración 27 muestra el preciso instante cuando montan el motor en su ubicación.

Ilustración 27. Instalación de motor diesel en la Panga



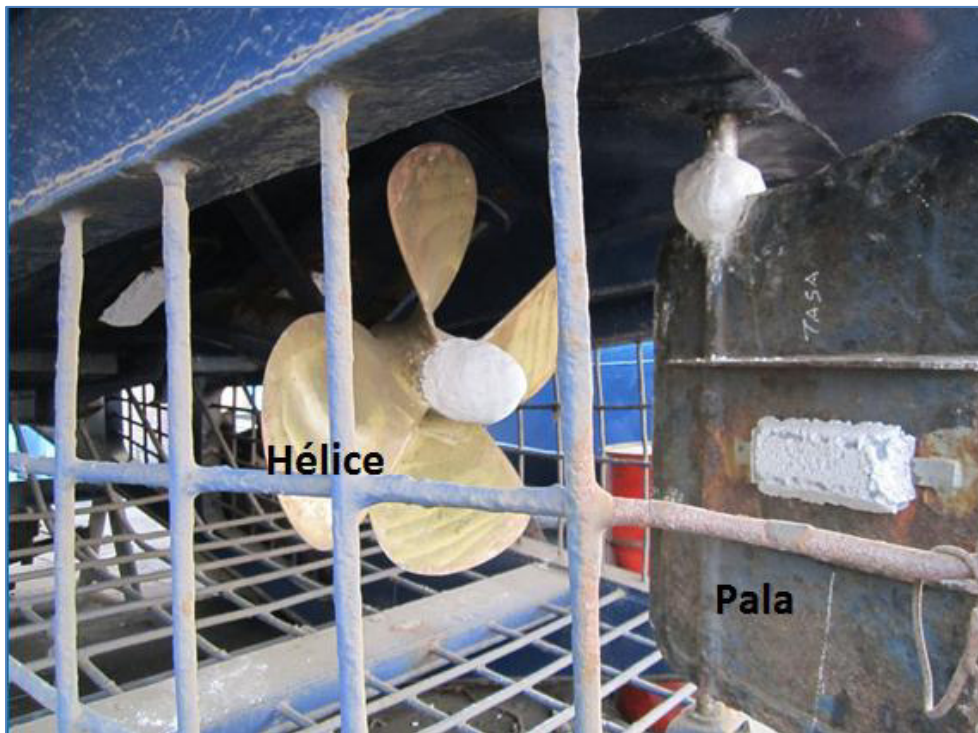
Fuente. TASA

4.6. MANTENIMIENTO DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO.

Este sistema está conformado entre los más principales por el timón, la hélice y la pala, la combinación de estos mecanismos son quienes dan el impulso a la embarcación. La pala recibe un mantenimiento de calibración, arenado y pintura, mientras que a la hélice calibración y balanceo. Suele ocurrir que la hélice presenta desgastes el cual se le hace un rellenado para homogenizar el peso en cada aspa. El timón solo recibe un retoque de pintura puesto que este mecanismo no interacciona bruscamente tampoco recibe la mayor carga de trabajo. Hoy en día existen otros tipos de gobierno y maniobra como por ejemplo el timón

suele ser remplazado por una palanca (joystick) le permite atracar de forma intuitiva, también el sistema de propulsión a chorro mas conocidos como los turbojets para alcanzar grandes velocidades. La ilustración 28 Muestra parte de la hélice y pala.

Ilustración 28. Sistema de propulsión y gobierno



Fuente. TASA

4.7. ESTUDIO DE FLOTABILIDAD.

Consiste en hacer algunas pruebas de flotación, estabilidad, centro de gravedad y probar si guarda tal equilibrio la embarcación al ponerse sobre la superficie del mar. Este estudio determinará las modificaciones que sean necesarias en el diseño y la construcción de la embarcación tales modificaciones tienen que ver con la estructura, el casco, la

ubicación de los tanques de petróleo, los tanques de flotación, modificación de la borda, entre otros.

Para hacer las pruebas de flotación se usa un software especializado para los diseños de embarcaciones. El proveedor que da el servicio del estudio fue contratado justamente porque la panga merluza presentaba inundación por embarque de agua.

En nuestro caso tomaremos como referencia el estudio flotabilidad hecho a la panga TASA 220 porque tenía casi las mismas características y su estado de avería es idéntico de la panga merluza.

Véase el Anexo 4 y la ilustración 29.

Ilustración 29. Prueba de flotabilidad



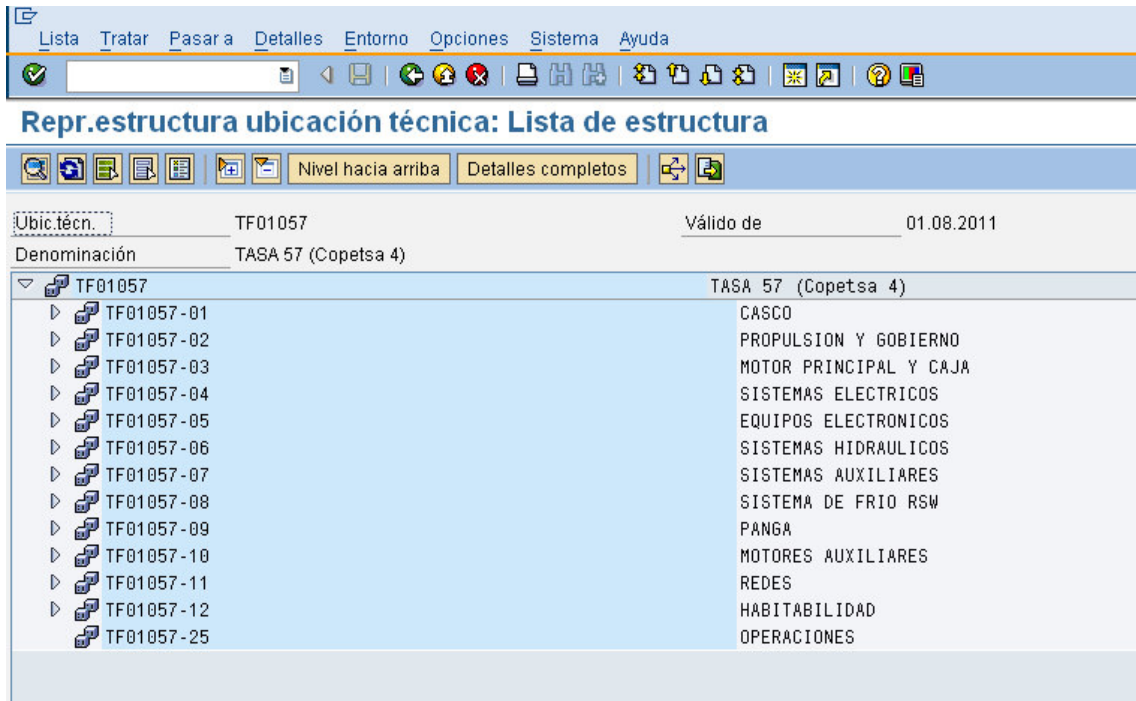
Fuente. TASA

4.8. GESTIONANDO EL MANTENIMIENTO MEDIANTE EL SISTEMA SAP

En el sistema SAP se gestionan todos los mantenimientos que reciben las embarcaciones aquí se tienen divididos por sistemas, como podemos observar en la tabla 10 adjunta existen doce sistemas en las cuales se ha dividido la embarcación para un mejor desarrollo de estas actividades, es más fácil para los ingenieros y supervisores tenerlo fraccionado y no analizarlo como un solo sistema porque resultaría muy complejo aunque no necesariamente deberá ser dividido en doce partes eso dependerá de las condiciones y necesidades de sus técnicos en la empresa de esta forma es que las embarcaciones fueron divididas en un conjunto de sistemas a fin de llevar un mejor control de las actividades tales como:

- 1 – Casco
- 2 – Propulsión y gobierno
- 3 – Motor principal y caja
- 4 – Sistemas eléctricos.
- 5 – Equipos electrónicos
- 6 – Sistemas hidráulicos
- 7 – Sistemas auxiliares
- 8 – Sistemas de frío RSW
- 9 – Panga
- 10 – Motores auxiliares
- 11 – Redes
- 12 – Habitabilidad

Tabla 10. Estructura de una embarcación en sistema SAP.



Ubic. técn.	TF01057	Válido de	01.08.2011
Denominación	TASA 57 (Copetsa 4)		
TF01057	TASA 57 (Copetsa 4)		
TF01057-01	CASCO		
TF01057-02	PROPULSION Y GOBIERNO		
TF01057-03	MOTOR PRINCIPAL Y CAJA		
TF01057-04	SISTEMAS ELECTRICOS		
TF01057-05	EQUIPOS ELECTRONICOS		
TF01057-06	SISTEMAS HIDRAULICOS		
TF01057-07	SISTEMAS AUXILIARES		
TF01057-08	SISTEMA DE FRIO RSW		
TF01057-09	PANGA		
TF01057-10	MOTORES AUXILIARES		
TF01057-11	REDES		
TF01057-12	HABITABILIDAD		
TF01057-25	OPERACIONES		

Fuente. TASA

Además cada sistema esta subdivido en un grupo de subsistemas como se muestra a continuación:

El sistema de casco está subdividido en subsistemas como:

0101 Casco

0102 Cubiertas y Equipos de Maniobra

0103 Superestructura

0104 Arboladura

0105 Carpintería, Puertas y Ventanas

0106 Bodegas

0109 Sala de Máquinas

Lista Tratar Pasara Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda			
<div> </div>			
<h2>Crear aviso mant.; General: Lista de estructura</h2>			
<div> </div>			
Ubic.técn.	TF0122-01	Válido de	29.04.2011
Denominación	CASCO		
<div> TF0122-01 CASCO </div>			
<div> TF0122-0101 Casco </div>			
<div> TF0122-0101-01 TF0122-0101-02 </div>			
<div> TF0122-0102 Cubiertas y Equipos de Maniobra </div>			
<div> TF0122-0102-01 TF0122-0102-02 TF0122-0102-04 </div>			
<div> TF0122-0103 Superestructura </div>			
<div> TF0122-0103-01 TF0122-0103-03 </div>			
<div> TF0122-0104 Arboladura </div>			
<div> TF0122-0104-04 TF0122-0104-05 TF0122-0104-06 TF0122-0104-07 </div>			
<div> TF0122-0105 TF0122-0106 </div>			
<div> TF0122-0106-01 TF0122-0106-02 TF0122-0106-03 TF0122-0106-04 TF0122-0106-05 TF0122-0106-06 TF0122-0106-07 TF0122-0106-10 </div>			
<div> TF0122-0107 Lazareto y Tanques </div>			
<div> TF0122-0107-01 TF0122-0107-02 TF0122-0107-04 TF0122-0107-08 </div>			
<div> TF0122-0108 Pique de Popa </div>			
<div> TF0122-0108-05 TF0122-0108-07 </div>			
<div> TF0122-0109 Sala de Maquinas </div>			
<div> TF0122-0109-01 TF0122-0109-02 TF0122-0109-04 TF0122-0109-09 TF0122-0109-10 TF0122-0109-11 </div>			
<div> TF0122-0113 Pique de Proa </div>			

Así sucesivamente para los demás sistemas se encuentran subsistemas tal como lo muestra la tabla 11. Los técnicos encargados de las supervisiones y el planeamiento también se dividen las labores analizando un grupo de sistemas de tal forma que se puedan hacer responsables del mantenimiento de los equipos que les tocó revisar.

CAPÍTULO V: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación está enmarcada básicamente en la información que se maneja en el área de mantenimiento de la flota de pesca realizado en una empresa de gran importancia. Aunque su aplicación va más allá pudiéndose aplicar al mantenimiento de equipos en general.

El presente estudio cuenta con datos y valores que se demuestran, flujogramas de procesos que luego de elaborarlos se ponen en práctica y se sigue un monitoreo constante.

5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología que sigue el presente trabajo plantea una investigación descriptiva y experimental.

Descriptiva porque todas las mejoras propuestas se trabajan sobre hechos, comprobaciones y resultados reales e interpretaciones bien aclaradas.

Experimental porque se plantean ecuaciones como la programación lineal en donde se trabajan con variables a fin de maximizar los beneficios, se crean algoritmos de programación con el fin de minimizar los tiempos de procesamiento de los PD.

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

En este capítulo se describe las estimaciones de ahorro según el costo beneficio aplicado al desarrollo e implementación de las mejoras.

6.1. ESTIMACIÓN DE AHORRO EN PROCESAMIENTO DE PD

Se tomaron tiempos para 15 muestras las cuales fueron tomadas en 15 días haciendo un total de 654 Partes de Discrepancia. Los resultados fueron los siguientes. En La tabla 12 se muestra los tiempos antes de la realización de la mejora.

Tabla 12. Tiempo de procesamiento antes de la mejora.

Tiempo de procesamiento antes de la optimización		
N° de muestra	N° de PD	Tiempo de procesamiento(min)
1	38	90.76
2	35	83.82
3	42	102.98
4	45	114.48
5	49	126.23
6	37	91.82
7	47	119.41
8	42	103.4
9	46	120.08
10	47	121.6
11	50	128.73
12	47	123.65
13	48	125.46
14	35	89.6
15	46	121.25

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 13 ya se tiene el ahorro de tiempo después de realizado la mejora.

En la tabla 14 comparamos los valores y se nota un ahorro de dinero muy significativo.

Tabla 13. Tiempo de procesamiento después de la mejora.

Tiempo de procesamiento después de la optimización		
N° de muestra	N° de PD	Tiempo de procesamiento(min)
1	38	53.59
2	35	49.26
3	42	58.7
4	45	64.25
5	49	70.12
6	37	51.58
7	47	64.89
8	42	56.28
9	46	67.75
10	47	66.68
11	50	69.56
12	47	67.79
13	48	68.25
14	35	50.12
15	46	66.24

Fuente. Elaboración propia

Tabla 14. Comparando valores.

Cuadro comparativo				
N° de muestra	N° de PD	Tiempo de procesamiento antes (min)	Tiempo de procesamiento después(min)	Diferencia
1	38	90.76	53.59	37.17
2	35	83.82	49.26	34.56
3	42	102.98	58.7	44.28
4	45	114.48	64.25	50.23
5	49	126.23	70.12	56.11
6	37	91.82	51.58	40.24
7	47	119.41	64.89	54.52
8	42	103.4	56.28	47.12
9	46	120.08	67.75	52.33
10	47	121.6	66.68	54.92
11	50	128.73	69.56	59.17
12	47	123.65	67.79	55.86
13	48	125.46	68.25	57.21
14	35	89.6	50.12	39.48
15	46	121.25	66.24	55.01
Total	654	1663.27	925.06	738.21

Fuente. Elaboración propia

Calculando:

Ahora hallemos que tanto porciento es este ahorro respecto al valor inicial.

$$\frac{738.21}{1663.27} * 100 = 44.38\%$$

Para el CCM el ahorro representa el 44.38% de minutos respecto al tiempo de procesamiento inicial.

Habiendo procesado 654 PD obtenemos un ahorro de 738.21 minutos, sabiendo que al día deberán entregar 51 PD y anualizando se deberán procesar al año $51 * 365 = 18,615$ Partes de Discrepancias.

El ahorro anual será.

$$\frac{738.21}{654} * 18615 = 21011.89$$

El ahorro en minutos es de 21,011.89 minutos, equivalente a horas 350.20 horas-hombre anuales. Comparando con los sueldos hipotéticos, en el Centro de Control de Mantenimiento trabajan alrededor de 4 coordinadores y un jefe del área, considerando que el coordinador tiene un sueldo de S/ 3000 mensuales el costo de la mano de obra por hora será.

$$\frac{s/.3000}{48h * 4semanas} = 15.625 \text{ soles / hora}$$

Lo que representa un ahorro anual total para la empresa de:

$$\frac{s/15.625}{hora} * \frac{350.20 \text{ horas}}{\text{año}} = 5471.85 \text{ soles / año}$$

El ahorro es de s/.5471.85 por año.

Hasta el momento este ahorro solo es para el área del CCM. Ahora veremos cómo repercute estas operaciones de mejoras a las demás áreas.

El supervisor es quien más usa esta información. Antes de la mejora de proceso los supervisores de mantenimiento se demoraban mucho tiempo en hacer las búsquedas y consultas de los PD yendo personalmente a buscar su información al área del CCM, con esta mejora no deberían demorarse mucho es decir que estos tiempos innecesarios e improductivos que invertían en la búsqueda se hacen cero por que no aportan valor agregado a nuestro trabajo, para valorizar esta pérdida se tomó una muestra por 15 días para nuestro estudio y se comprobó que un supervisor perdía alrededor de 13.95 horas aproximadamente solo en hacer las búsquedas. Según la tabla 15.

Tabla 15. Tiempo de consultas

Consultas de supervisor por día		
	Tiempo min	Tiempo hrs.
1	30	0.50
2	25	0.42
3	10	0.17
4	45	0.75
5	95	1.58
6	75	1.25
7	35	0.58
8	40	0.67
9	50	0.83
10	84	1.40
11	33	0.55
12	46	0.77
13	85	1.42
14	96	1.60
15	88	1.47
Total		13.95

Fuente. Elaboración propia

Multiplicando por la cantidad total de supervisores que existen en el área, el valor en horas mensuales será:

$$13.95 * \frac{15}{30} * 7 = 195.30$$

La cantidad en horas es de 195.30 h/mes

Calculando para otras áreas.

Para las demás áreas como planeamiento, calidad, proyectos y pesca se consideró tiempos estimados.

Comparando con las demás áreas involucradas tenemos nuestra tabla 16 de resumen.

Tabla 16. Ahorro anual

Areas	Sueldos	Horas de consultas x mes	s/. X hora	Ahorro anual
supervisor	4000	195.30	20.83	48825.00
planner	6000	25.00	31.25	9375.00
calidad	4000	15.00	20.83	3750.00
proyectos	7000	10.00	36.46	4375.00
pesca	5000	10.00	26.04	3125.00
		255.30		Total 69,450.00

Fuente. Elaboración propia

Haciendo un total de 255.3 Hr./mes, 3063.6 Hr./año y **un ahorro de s/.69,450.00 al año.**

A continuación detalle del ahorro en papel.

El millar de papel bon A4 cuesta aproximadamente s/.25 el millar. El precio por hoja será 0.025, y considerando que de los 51 PD que deberían entregar los motoristas se imprimen cerca del 60% ya que buena parte de la data es enviada vía email este ahorro será de.

$$(60\% * 51) * 0.025 * 365 = 279.225$$

Este ahorro en papel es de s/. 279.225 por año.

Sumando todos los ahorros tenemos un valor muy considerable de: horas ahorradas al año $350.20+3063.6=3,413.8$ **Hr/año** y ahorro en soles de **s/.75,201.07 al año**. Esto significaba antes un perdida que tal vez nadie se dio cuenta en su momento porque era un gasto oculto, pero con las mejoras que se realizaron se logró cuantificar, mejorar y reducir los gastos innecesarios en que se incurrían.

6.2. ESTIMACIÓN DE COSTO DEL SOFTWARE.

Existe una fuerza de trabajo en cada proyecto requerida para el desarrollo del programa la cual está medida en personas-mes de esfuerzo. Primeramente debemos delimitar el ámbito dividido en actividades, funciones o tareas del software seguidamente la estimación de los recursos necesarios (humanos, hardware, software, etc.). La estimación de lo que costará el software es de mucha importancia para tener un costo adecuado, de lo contrario en proyecto puede no concluirse y fracasar. Estas estimaciones también están asociadas con el esfuerzo, costo y el tiempo de las actividades identificadas del proyecto aunque no es un valor preciso y como toda estimación es algo que puede ir cambiando hasta el término del proyecto.

Debemos de tener en cuenta lo siguiente antes de estimar.

¿Cuánto esfuerzo (personal necesario) se requiere para completar una tarea?

¿Cuánto tiempo se necesita para completar una actividad?

¿Cuál es el costo total de una actividad?

Este costo se calcula analizando por partes o tramos es decir que tendremos que descomponer el programa para una mejor estimación de costo y esfuerzo, analizándolo tramo por tramo. El costo lo desarrollaremos usando un modelo empírico para el cálculo de costos y esfuerzos del software. Usaremos como base para nuestra estimación datos de software proyectos pasados.

Aplicamos una estimación con enfoque directo donde se utilizan las líneas de código (LDC) orientada al tamaño del programa. Usaremos las métricas de proyectos pasados para eso usaremos como fuente algunos datos del Libro de ingeniería de software del autor Roger Pressman en el cual detalla con ejemplos un caso particular que lo usaremos en nuestro caso.

El software desarrollado esta fraccionado por funciones es decir consta de 4 funciones que relacionadas entre si darán los resultados esperados para nuestro análisis, además tiene otra función que es la del análisis y comentarios.

Para nuestro cálculo del valor esperado en LDC lo calculamos como un promedio ponderado de estimaciones.

$$E = \left(\frac{a + 4 * m + b}{6} \right)$$

Donde.

E: Valor esperado en LDC

a: Estimación optimista.

m: Estimación más probable.

b: Estimación pesimista.

Remplazando en la ecuación los datos de la tabla 17.

$$E_1 = \left(\frac{80 + 4 * 100 + 140}{6} \right) = 103$$

$$E_2 = \left(\frac{30 + 4 * 50 + 70}{6} \right) = 50$$

$$E_3 = \left(\frac{40 + 4 * 60 + 80}{6} \right) = 60$$

$$E_4 = \left(\frac{70 + 4 * 90 + 110}{6} \right) = 90$$

$$E_5 = \left(\frac{20 + 4 * 30 + 40}{6} \right) = 30$$

Tabla 17. Estimación de costo del software

Función	Optimista	Más probable	Pesimista	Espearado(lineas)	Soles/linea	lineas/mes	Costo	Meses
Función Guardar	80	100	140	103	4	200	413	0.5
Función Cerrar	30	50	70	50	4	200	200	0.3
Funciones Label	40	60	80	60	4	200	240	0.3
Función User Form	70	90	110	90	4	200	360	0.5
Analisis de diseño	20	30	40	30	4	200	120	0.2
				333			1,333	1.7

LDC Estimados	333
Valor estimado (s/.)	1,333
Esfuerzo estimado(me:	1.7

Autor: Edgar Quispe

Esta data es un valor sacado del libro de Ingenieria de Software pasado de dolares a soles.

Autor: Edgar Quispe

Esta data es sacada del libro de Ingenieria de software del autor Roger Pressnan: representa la cantidad de lineas que genera un programador en un lapso de un mes

Fuente. Elaboración propia

Se puede notar de la tabla que la cantidad de LDC (líneas de código) que tendrá nuestro programa será de 333 LDC a un costo de 4 soles por línea elaborada, además de considerar que un programador crea 200 líneas por mes en promedio. Con los datos puesto obtenemos **el costo del programa con un valor de S/. 1,333** en un tiempo estimado de 1.7 meses aproximadamente para su implantación. Esto significa que la inversión representa $(1,333/75,201.07)*100\% = 1.78\%$ **de lo que se pretende ganar**, sin dudas que será un gran ahorro para la organización.

6.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA (VAN Y TIR).

Si vemos desde el punto de vista económico y comercial se tiene que explicar los costos que se incurren y compararlo con los beneficios que genera, de tal forma de obtener indicadores claves que midan la viabilidad de la inversión.

Para que esto suceda se tendrían que explicar dando a conocer todos los por menores de lo implica aplicar y hacerle seguimiento al desarrollo de la implementación y el tiempo estimado proyectado. Es así que a continuación detallamos los costos y beneficios.

Tabla 18. Costo de implementación.

Implementacion	Tangible	Equipos	10000
		Otros	5000
	Intangible	Software	1,333
		TOTAL	16333

Fuente. Elaboración propia

Tabla 19. Costo de investigación.

Costo estimado de investigación		Sueldo	Tiempo estimado(meses)	Total
	02 Ingenieros Industriales	6000	4	48000
	01 Programador	3000	2	6000
			TOTAL	54000

Fuente. Elaboración propia

Tabla 20. Costo de movilidad.

Movilidad en puertos	Plantas procesadoras	Gasto x mo	Total
	13	1000	13000

Fuente. Elaboración propia

Tabla 21. Costo de inversión.

Horizonte de proyecto		5 años
INVERSION		
capital de trabajo		3000
Implementacion		16333
costo estimado de investigacion		54000
	TOTAL	73333

TMAR	13%
------	-----

Autor: Edgar Quispe
 Fuente: INEI-2008
 rentabilidad financiera del
 sector pesca y acuicultura

Fuente. Elaboración propia

Tabla 22. Cálculo del VAN y el TIR.

	0	1	2	3	4	5
Ahorro por horas-hombre	-	75201	75201	75201	75201	75201
Ingreso adicional por operatividad	-	30000	30000	30000	30000	30000
Egresos	-					
Mantto. de software	-	1000	1000	1000	1000	1000
Capacitacion de personal	-	5000	5000	5000	5000	5000
Movilidad en puertos	-	13000	13000	13000	13000	13000
Otros egresos adicionales	-	1000	1000	1000	1000	1000
Impuesto a la Renta(30%)	-	25560	25560	25560	25560	25560
Inversion	73333					
FCE	-73333	59641	59641	59641	59641	59641
VAN	138,500					
TIR	77%					

Fuente. Elaboración propia

Interpretación del VAN. Notamos que el $VAN > 0$ por tal motivo el inversionista recupera su inversión, además obtiene una tasa mínima de retorno del 13% y una cantidad adicional de S/.138, 500.

Interpretación del TIR. Notamos que el $TIR > TMAR$, entonces es recomendable realizar la inversión.

CAPÍTULO VII: IMPACTO CUANTITATIVO RESPECTO A LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO.

Los indicadores de desempeño son instrumentos de medición utilizadas para cuantificar los objetivos que reflejan el rendimiento de las organizaciones.

En el caso nuestro los indicadores de desempeño están presentes en las siguientes áreas de trabajo.

Área de Proyectos, Combustibles y Lubricantes. Esta área se ve beneficiada por el ahorro en horas-hombre lo que equivale en dinero en S/. 4375, al ya no consultar y tener que buscar la información en otra área porque la información se encuentra digitalizada y puesta en red a disposición de todos.

Área de Mantenimiento Planeación y Supervisión. Para este estudio se consideró que estas áreas deben de trabajar juntas ya que los supervisores en parte son dependientes de las decisiones que se toman en planeamiento. Analizando el impacto cuantitativo que tiene esta investigación se comprobó que el ahorro en esta área es de S/. 48825 + S/. 9375 = S/. 58200 al año. Este valor es muy considerable debido a que los supervisores hacen mayor uso de esta información respecto a los planner de mantenimiento.

Área de Logística Flota. Una de las limitaciones de este trabajo fue que no se hizo la cuantificación en ahorro de dinero para esta área, intuitivamente sabemos que la mejora de un área repercute a las demás áreas, es un poco tedioso saber que tanto lo afecta ya que no esta muy ligada al área de mantenimiento.

Seguridad y Salud Ocupacional. El área de seguridad y salud ocupacional de mantenimiento flota se beneficia porque la cantidad de accidentes por año se ve disminuida a ser los trámites menos burocráticos. Lo cual toda disminución de tiempo representa también ahorro de dinero.

Área de Administración y Finanzas. El costo por siniestro disminuye en las atenciones de reparación, ya que al usar un correcto flujo de la información no se pierden los formatos de PD y se hace más efectivo con esta metodología, las atenciones suelen ser atendidas más rápidos, generando rapidez y fluidez de información.

Desempeño Total del Área de Mantenimiento Flota. En cuanto a la calidad de toda el área, se mejoró.

Ilustración 30. Indicadores de desempeño.



Fuente. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

En el presente informe de Investigación se han examinado los principales problemas que aquejan al área de mantenimiento de la flota de embarcaciones en cuanto a la gestión de la información que se realiza en este sector, de tal manera que se dio solución y se corrigen los problemas en los siguientes ítems.

En el área del Centro de Control de mantenimiento. Se estableció para el área el control de la información de los PD a través de la creación de un flujograma, donde todo el personal conoce cuál es su desempeño y no haya una doble tarea o repetición de actividades haciéndola mucho más entendible para los trabajadores.

En la creación de un software para CCM. El software creado en VBA de Excel 2007, está diseñado para el personal del CCM ya que son los encargados de recepcionar los formatos de PD y procesar la información haciéndola llegar a las demás áreas, sobre todo a los supervisores quienes son los más interesados en tener la información. Este software nos ahorrará cerca de 3,413.8 horas/año un valor muy considerable si vemos la magnitud que tiene la empresa, es un ahorro que en términos monetarios representa s/.75,201.07 al año, el cual puede ser usado para fines de capacitaciones.

En la ejecución de las actividades. Con el uso del Ms. Project se pudo controlar todas las obras de mantenimiento, esto ha permitido cuantificar el rendimiento de los gastos, un control absoluto de los tiempos de entrega de las obras al cliente interno como lo son los motoristas de las embarcaciones,

además de que la supervisión se lleva al detalle, se corrige a tiempo y se penaliza las sanciones a los implicados por los retrasos.

En el costo de ejecución de la obra. Sin duda que saber cuánto cuesta una obra de mantenimiento es muy importante, este costo dependerá de que obra estemos hablando por que cada obra es muy diferente de otra, sus procedimientos, sus partes, la logística que se necesita para esta lo hacen un tanto diferente de otro trabajo de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. Cuando más grande es una empresa por lo general los temas administrativos suelen ser más analizados, más engorrosos y demoran más en ser atendidos, ocasionando muchas veces retrasos en los requerimientos y retrasos en las obras, para eso se recomienda a las personas encargadas que deberán crear la forma de contrarrestar esto como parte de una mejora continua.
2. Los trabajos de mantenimiento deberán ser revisados por los supervisores y aprobados por el jefe de mantenimiento de manera que los trabajos sean mucho más confiables y se den las garantías del caso.
3. Crear conciencia en la tripulación de las embarcaciones sobre todo a los motoristas acerca del uso y cuidados de los equipos y máquinas, estar al tanto de los cambios de los repuestos y accesorios para los combustibles y lubricantes.
4. El software VBA Excel 2007 fue diseñado exclusivamente para esta área, se recomienda que su mantenimiento debe ser por personas que conozcan el lenguaje de programación y hagan los cambios necesarios para futuras necesidades.
5. El software Ms. Project es usado por los Planner de Mantenimiento y no por los supervisores, considero que también deberán usar los supervisores ya que ellos son los encargados de ver los avances y fin de obra, esto les permitirá tener más control de los tiempos.

6. Se recomienda que se continúe con las mejoras, aun cuando se cambien a las personas o sean nuevos en esta área de mantenimiento, les corresponderá a las nuevas generaciones seguir con los avances tecnológicos ya que estamos en un mundo globalizado.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, Sweenwy, Williams
Estadística para Administración y Economía
8ª Edición 2004
Editorial Internacional Thomson Editores S.A.
- Winston Wayne
Investigación de operaciones
4ª Edición 2005
Editorial Grupo Iberoamericano S.A.
- Roger S. Pressman
Ingeniería del Software
6ª Edición
Editorial Mc Graw Hill.
- Walter Andía Valencia
Proyectos de Inversión Guía para su Formulación y Evaluación Estratégica.
2ª Edición 2007
Editorial El Saber.
- Francisco Rey Sacristán
Mantenimiento Total de la Producción TPM
1ª Edición 2001
Editorial Fundación Confemetal Madrid España
- Francisco Javier González Fernández
Mantenimiento Industrial Avanzado
2ª Edición 2005
Editorial Fundación Confemetal Madrid España

- Benjamín Niebel – Andris Freivalds
Ingeniería Industrial, Métodos y Diseño del Trabajo
11ª Edición
Editorial Alfa Omega México
- John Walkenbach
Excel 2010 programación con VBA
1ª Edición 2011
Editorial. ANAYA España
- Hugo Ruiz Alcalde
Excel Avanzado Macros y Programación VBA
1ª Edición 2009
Editorial Macro Lima, Perú
- Edward Pedro Zanabria Sequeiros y Bryan Steven López Lara
Mejora del proceso de planificación del mantenimiento preventivo de la flota
pesquera de la empresa
Tecnológica de Alimentos S.A.
- Normas de auditoría interna. fuente TASA
- Teoría de programa de Actualización en Operaciones y Logística
UNMSM-FII
- Producto Bruto Interno por actividad 2010 al 2012
www.INEI.com.pe

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE KRALJIC

Matriz de Kraljic aplicado al área de mantenimiento flota. Es un modelo que clasifica los productos comprados por una empresa en dos dimensiones de acuerdo al impacto financiero y el riesgo de suministro, de tal forma que se puedan realizar alianzas estratégicas con los proveedores, asegurando una buena calidad a un buen precio.



Fuente. Elaboración propia

ANEXO 2. GLOSARIO

Megado de cables. Revisar el aislamiento de las redes eléctricas.

Pescante. Llamado también burra Es un mecanismo que ayuda a sujetar el cabo.

Cabo. Es el cable usado para sujetar el paño o red.

Relinga. Es el cabo en el cual tiene incrustado un conjunto de corchos o boyas en la parte superior de la red o un conjunto de plomos en la parte inferior.

Mola. También llamado disparador de panga es el gancho para asegurar la maniobra de izaje de la panga.

Tanque de flotación. Es un tanque cerrado que sirve para mantener a flote la embarcación.

Cáncamo. Es un ojal situado en la proa de la embarcación y es usado para amarrar con el cabo al barco y un punto fijo para que no se mueva.

Altear. Es la construcción de levantar la borda con la finalidad de que no entre agua a la embarcación.

Friza. Es el jebe que va colocado en las puertas o ventanas para hacer estanco.

Claraboya. Ventana Circular que se encuentra en la cabina o en los dormitorios de la tripulación.

Roldana. Parte central de la pasteca donde va el cabo.

Regalo de pesca. Es la operación de ceder la pesca de una embarcación a otra cuando esta se encuentra con su bodega llena.

Varar. Cuando la embarcación sale del mar y pasa a tierra para su mantenimiento.

Fondear. Significa que la embarcación está sujeta por medio del ancla.

Calar. Significa que el barco está cercando el cardumen para formar la bolsa de red.

Prueba de cala. Son las distintas maniobras que se realizan con el fin de notar la operatividad de las máquinas y equipos.

Secando. Cuando el barco está absorbiendo la pesca por el absorbente y llenando la bodega.

Escora. Es la inclinación que toma el barco respecto a una línea vertical debido a que la carga se corre a un lado babor o estribor.

Disco Plimsoll. Fija el máximo calado con el que puede navegar el buque en condiciones de seguridad.

Cachimba. Es un ducto circular en forma de codo usado para mantener ventilado la sala de máquinas.

Pañol de cadena. Es la cadena propiamente dicha, y son de varias medidas de aproximadamente 25 metros. Un barco pesquero puede tener entre 4 ó 5 pañoles

Prospección. Es todo el conjunto de trabajos o procedimientos de campo, dirigidos a la inspección de la zona o área de trabajo con el fin de saber en qué condiciones y volumen se encuentran los peces.

Arrancador de motor. Es el equipo que acciona al motor principal para su arranque inicial, existen dos tipos el motor eléctrico y el sapito hidráulico.

Alternador. Es una máquina eléctrica, capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una corriente alterna mediante inducción electromagnética.

Hidroforo. Es una bomba usada para abastecer de agua salada y agua dulce a los tanques.

Banes. Son unas paletas que van dentro del arrancador y son impulsadas neumáticamente.

Solenoide de corte de combustible. Es una válvula de accionamiento eléctrico que corta el paso del combustible en la bomba de inyección para apagar el motor.

Contretes. Son eslabones de acero que se usan para unir los paños de cadena.

Eslora. Es la longitud de la embarcación tomada desde la proa hasta la popa.

Manga. Es la anchura de la embarcación entre estribor y babor.

Puntal. Es la altura de la embarcación o la máxima medición vertical.

Quilla. Es la columna vertebral del esqueleto del buque. Ubicado en la parte central e inferior del buque.

Cuadernas. Son los refuerzos o costillas del esqueleto.

Borda. Es el canto superior del costado de la embarcación o el filo del barco.

Propela. Es la hélice que se utiliza para la propulsión de la embarcación.

Mamparo. Es la construcción de madera o plancha en posición vertical, con las cuales se forman los compartimentos de a bordo.

Gambuza. Es el dispensador o depósito de alimentos donde se mantiene conservado y así los alimentos duran más.

Vulcan. Es el acople de jebe especial que va colocado entre la caja y el motor.

Impelente. Son las aspas del motor de la bomba usado para el enfriamiento del mismo.

Till. Motor que hace la inclinación del macaco atreves de una cremallera.

Desaguador. Son unas tuberías que sirven para vaciar el exceso de agua que se acumula en las bodegas.

Cornamusa. Pieza tipo gancho usado para amarrar el cabo.

Cabrestante. También llamado Winche de ancla, usado para enrollar la cadena del ancla.

Aftercooler. Es el enfriador de ingreso de aire al motor

ANEXO 3. ESTUDIO DE FLOTABILIDAD.

Contenido del Estudio de Flotabilidad

El presente informe contiene los siguientes ítems:

Preliminares

Resumen

Flotabilidad de la panga en estado inicial

Condición Inicial: Inundación por embarque de agua

Modificación por problemas de Flotabilidad y Averías

Condición 01: Inundación por embarque de agua.

Condición 02: Volteo con Inundación por embarque de agua.

Condición 03: Avería en Tanque de Flotación de Proa.

Condición 04: Avería en Tanque de Flotación Lateral de Estribor.

Condición 05: Avería en Tanque de Flotación Lateral de Babor.

Condición 06: Equilibrio Intacto, Navegación Cotidiana.

Condición 07: Equilibrio Intacto, Navegación de Servicio.

Recomendaciones Finales

Referencias

Anexo I: Esquema de Modificación

Anexo II: Curvas Hidrostáticas, en Posición de Diseño (Trimado 0, Escora 0)

Anexo II: Glosario de Variables

PRELIMINARES

DESCRIPCION GENERAL

NOMBRE: MACABI 3

TIPO: Panga

MATRICULA: CE 1250 PL

ESLORA: 5.47 m

MANGA: 2.8 m

PUNTAL: 1.67 m

SUPUESTOS

Los siguientes supuestos han sido asumidos, dado que no fueron proporcionados por el armador, tomando como referencia pangas similares.

1. Centro de Gravedad: Ubicación Longitudinal: 2.404 m desde el extremo de popa
2. Ubicación Transversal: 0.000 m desde el plano de crujía
3. Ubicación Vertical: 0.679 m desde la línea base.

Los imbornales se consideran inexistentes para efectos de análisis, pues en caso de embarque de agua estos no operarían hasta que la nave salga a flote.

Para la evaluación de la inundación se empleó el método de peso añadido, y para el caso de averías el método de pérdida de empuje.

CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD

El presente Informe ha sido elaborado con los siguientes criterios de aceptabilidad:

Inundación total:

Distancia mínima desde la flotación al borde inferior de la borda (francobordo mínimo) debe ser 50 mm.

Avería:

El compartimentado debe ser el adecuado para garantizar la integridad de la nave en situación de averías.

El ángulo de escora máximo para la avería de cualquiera de los tanques laterales deberá ser de 12° o el ángulo de inundación θ_1 , cualquiera que sea menor.

El ángulo de trimado máximo para la avería del compartimiento en proa o popa deberá ser 12° o el ángulo de inundación θ_2 , cualquiera que sea menor.

ALCANCES

El presente documento es una evaluación de la flotabilidad de la embarcación en condición intacta, inundación, en situación de avería y volteo.

RESUMEN

FLOTABILIDAD DE LA PANGA EN ESTADO INICIAL								
CONDICION	COMPARTIMIENTO INUNDADO	Δ (Kg)	Francobordo		Escora (+Er)		Trimado (+Pp)	
			Criterio	Estatus	Criterio	Estatus	Criterio	Estatus
			$\geq 0.05m$		$\leq 12^\circ$ o		$\leq 12^\circ$ o	
Condición Inicial	Compartimiento del Motor	16310	NP	NO CUMPLE	—	—	—	—

MODIFICACION POR PROBLEMAS DE FLOTABILIDAD Y AVERIAS								
CONDICION	COMPARTIMIENTO DAÑADO	Δ (Kg)	Francobordo		Escora (+Er)		Trimado (+Pp)	
			Criterio	Estatus	Criterio	Estatus	Criterio	Estatus
			$\geq 0.05m$		$\leq 12^\circ$ o		$\leq 12^\circ$ o	
Condición 01	Compartimiento del Motor	14778	0.054	CUMPLE	0	CUMPLE	-3.2	CUMPLE
Condición 02	Compartimiento del Motor	13653	(*)	(*)	—	—	—	—
Condición 03	Tanque de Flotación Proa (Pr)	7697	0.215	CUMPLE	0	CUMPLE	-10.2	CUMPLE
Condición 04	Tanque de Flotación Estribor (Er)	7697	0.250	CUMPLE	15.5	CUMPLE	0.0	CUMPLE
Condición 05	Tanque de Flotación Babor (Br)	7697	0.250	CUMPLE	-15.5	CUMPLE	0.0	CUMPLE
Condición 06	Ninguno - Equilibrio Intacto	6722	0.779	CUMPLE	0	CUMPLE	-0.3	CUMPLE
Condición 07	Ninguno - Equilibrio Intacto	7697	0.688	CUMPLE	0	CUMPLE	0.3	CUMPLE

(*) La distancia de la línea de flotación al casco es de 0.441 m

Los Volúmenes de los tanques de flotabilidad en su condición inicial y luego de la modificación son los siguientes:

TANQUES	ANTES DE LA MODIFICACION	DESPUES DE LA MODIFICACION
	VOLUMEN (m ³)	VOLUMEN (m ³)
Tanque Popa	2.932	2.932
Tanque Proa	1.838	1.838
Tanque Estribor	0	1.087
Tanque Babor	0	1.087

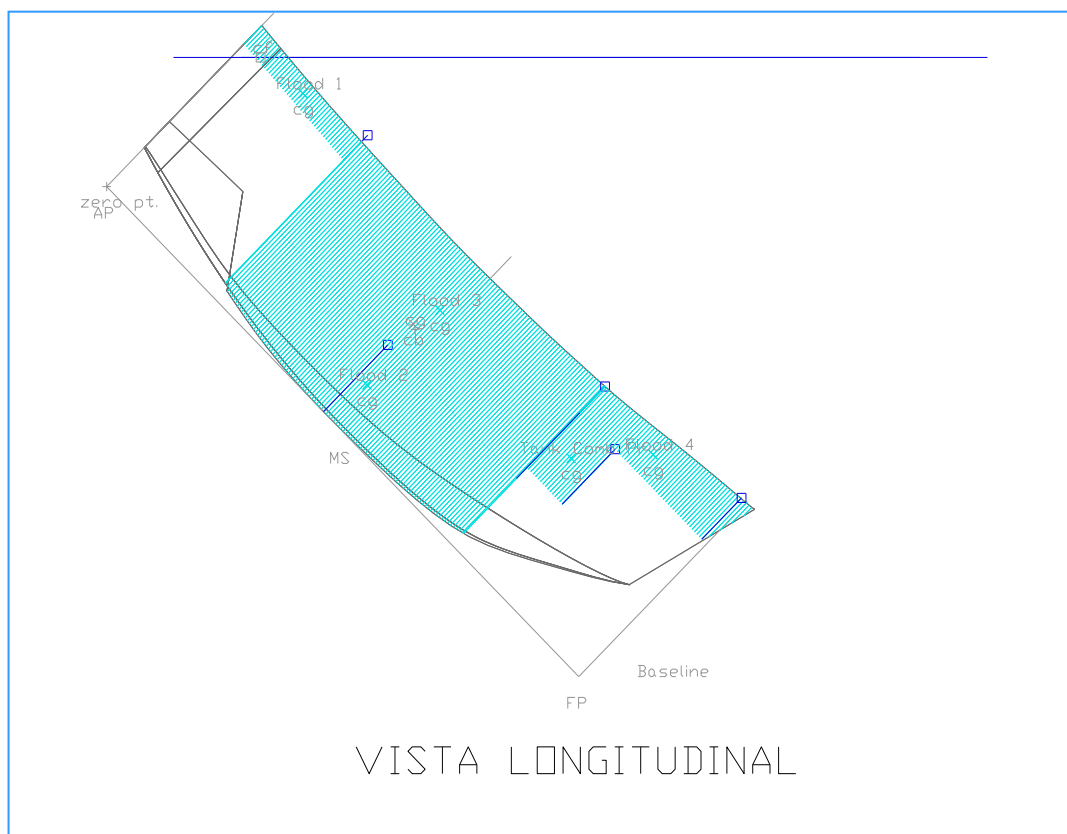
FLOTABILIDAD DE LA PANGA EN ESTADO INICIAL

CONDICION INICIAL: INUNDACION POR EMBARQUE DE AGUA

ITEM	Condición	Peso (kg)	Xcg (m)	Zcg (m)	Ycg (m)
Embarcación en Liviano	1	6421	2.404	0.679	0
Tripulación	15	75	2.203	1.536	0
Tq Comb Pr	100%	151.2	4.12	1.15	0
Agua Embarcada	100%	8433	2.643	1.11	0
	Total Weight=	16130	LCG=2.531	VCG=0.968	TCG=0.000
				FS corr.=0	
				VCG fluid=0.968	

Descripción	Valor
Calado en SM (m)	4.09
Desplazamiento (kg)	16132
Escora a Estribor (deg)	0
Calado en FP (m)	6.768
Calado en AP (m)	1.412
Calado en LCF (m)	1.579
Trimado (+ a Pp) (m)	-5.356
Angulo de trimado (+a Pp) (deg)	-45
Franco Bordo (m)	NP

Sección Media (SM) a 2.678 m de AP

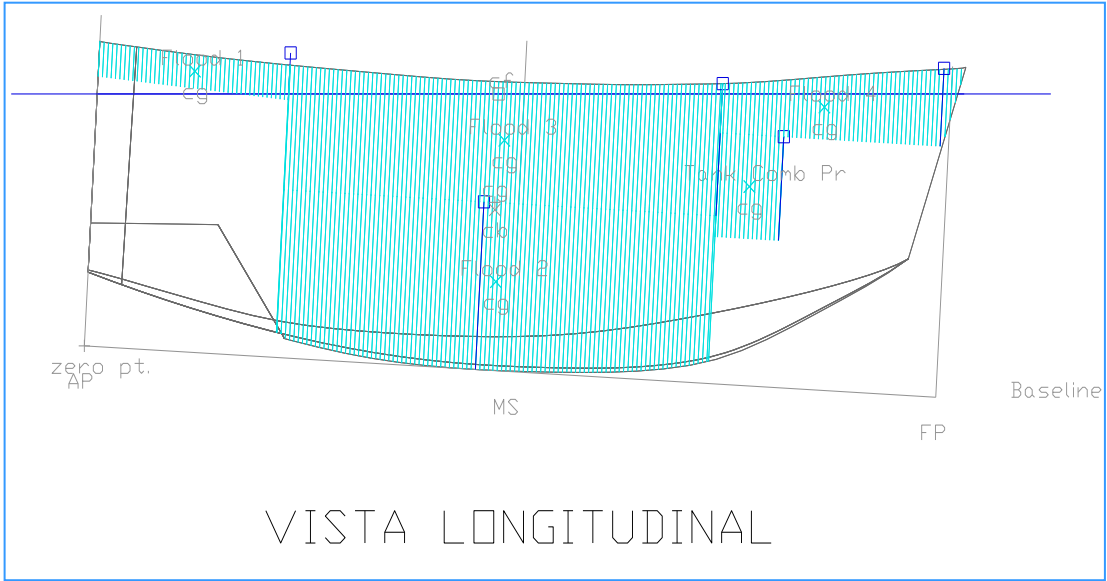


MODIFICACIÓN POR PROBLEMAS DE FLOTABILIDAD Y AVERÍAS

CONDICION 01: INUNDACION POR EMBARQUE DE AGUA					
ITEM	Condición	Peso (kg)	Xcg (m)	Zcg (m)	Ycg (m)
Embarcación en Liviano	1	6421	2.404	0.679	0
Tripulación	15	75	2.203	1.536	0
Tq Comb Pr	100%	151.2	4.12	1.15	0
Agua Embarcada	100%	7080.0	2.660	1.141	0
	Total Weight=	14778	LCG=2.529	VCG=0.971	TCG=0.000
				FS corr.=0	
				VCG fluid=0.971	

Descripción	Valor
Calado en SM (m)	1.506
Desplazamiento (kg)	14778
Escora a Estribor (deg)	0
Calado en FP (m)	1.755
Calado en AP (m)	1.457
Calado en LCF (m)	1.597
Trimado (+ a Pp) (m)	-0.297
Angulo de trimado (+a Pp) (deg)	-3.2
Franco Bordo (m)	0.054

Sección Media (SM) a 2.678 m de AP

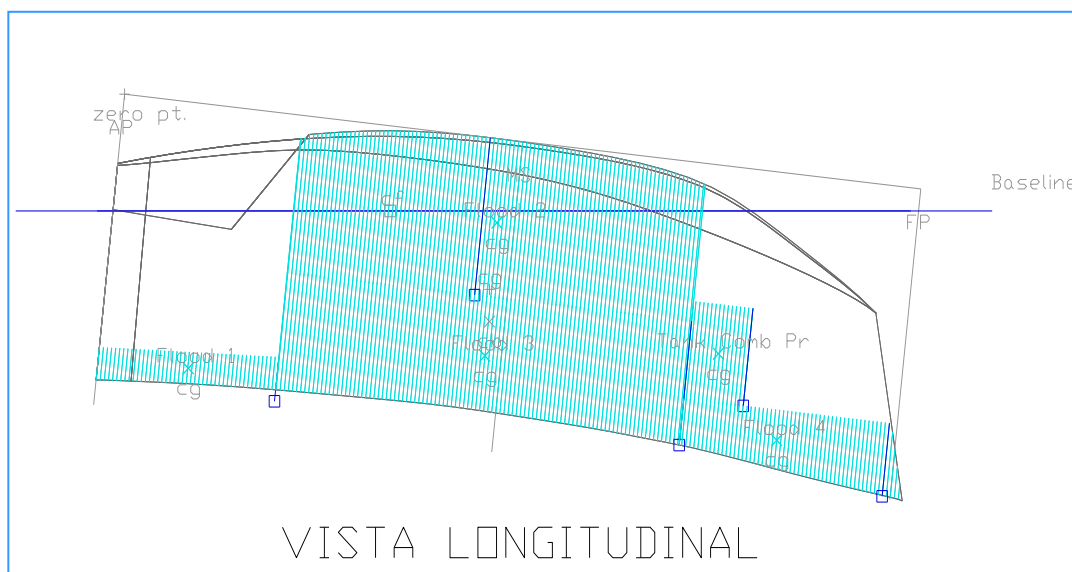


MODIFICACIÓN POR PROBLEMAS DE FLOTABILIDAD Y AVERÍAS

CONDICION 02: VOLTEO CON INUNDACION POR EMBARQUE DE AGUA					
ITEM	Condición	Peso (kg)	Xcg (m)	Zcg (m)	Ycg (m)
Embarcación en Liviano	1	6421	2.404	-0.679	0
Tq Comb Pr	100%	151.2	4.12	-1.15	0
Agua Embarcada	100%	7080.0	2.660	-1.141	0
	Total Weight=	13653	LCG=2.556	VCG=-0.924	TCG=0.000
				FS corr.=0	
				VCG fluid=-0.924	

Descripción	Valor
Altura de WL al casco (m)	0.441

Sección Media (SM) a 2.678 m de AP

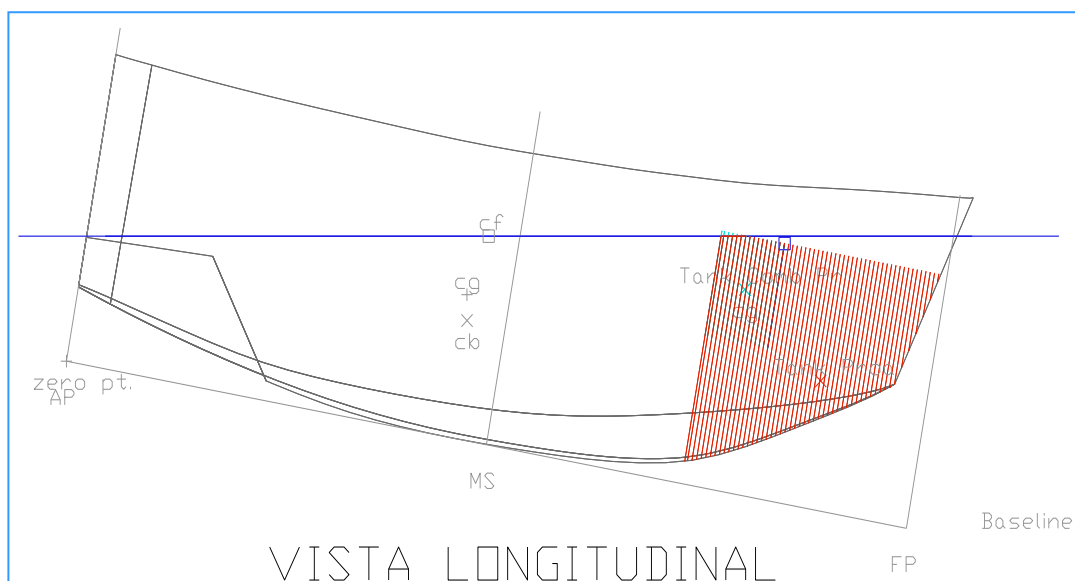


MODIFICACIÓN POR PROBLEMAS DE FLOTABILIDAD Y AVERÍAS

CONDICION 03: AVERIA EN TANQUE DE FLOTACION DE PROA					
ITEM	Condición	Peso (kg)	Xcg (m)	Zcg (m)	Ycg (m)
Embarcación en Liviano	1	6421.0	2.404	0.679	0
Tripulación	15	75.0	2.203	1.536	0
Tq Comb Pr	100%	151.2	4.120	1.150	0
	Total Weight=	7697	LCG=2.408	VCG=0.814	TCG=0.000
				FS corr.=0	
				VCG fluid=0.814	

Descripción	Valor
Calado en SM (m)	1.198
Desplazamiento (kg)	7697
Escora a Estribor (deg)	0
Calado en FP (m)	1.678
Calado en AP (m)	0.718
Calado en LCF (m)	1.163
Trimado (+ a Pp) (m)	-0.96
Angulo de trimado (+a Pp) (deg)	-10.2
Franco Bordo (m)	0.215

Sección Media (SM) a 2.678 m de AP

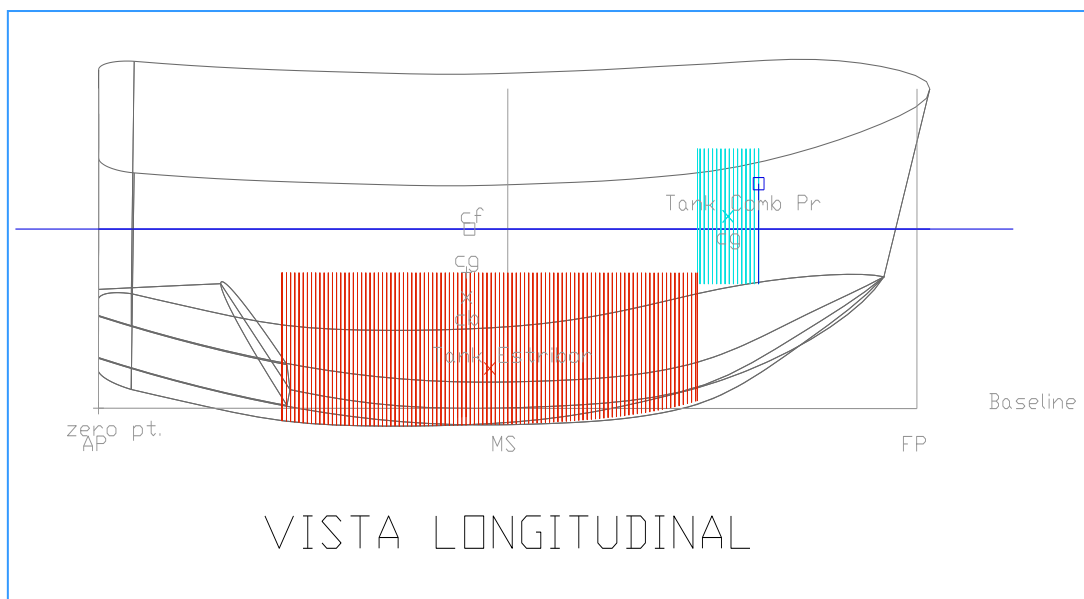


MODIFICACIÓN POR PROBLEMAS DE FLOTABILIDAD Y AVERÍAS

CONDICION 04: AVERIA EN TANQUE DE FLOTACION DE ESTRIBOR					
ITEM	Condición	Peso (kg)	Xcg (m)	Zcg (m)	Ycg (m)
Embarcación en Liviano	1	6421.0	2.404	0.679	0
Tripulación	15	75.0	2.203	1.536	0
Tq Comb Pr	100%	151.2	4.120	1.150	0
	Total Weight=	7697	LCG=2.408	VCG=0.814	TCG=0.000
				FS corr.=0	
				VCG fluid=0.814	

Descripción	Valor
Calado en SM (m)	1.073
Desplazamiento (kg)	7697
Escora a Estribor (deg)	15.5
Calado en FP (m)	1.074
Calado en AP (m)	1.072
Calado en LCF (m)	1.073
Trimado (+ a Pp) (m)	-0.002
Angulo de trimado (+a Pp) (deg)	0.0
Franco Bordo (m)	0.25

Sección Media (SM) a 2.678 m de AP

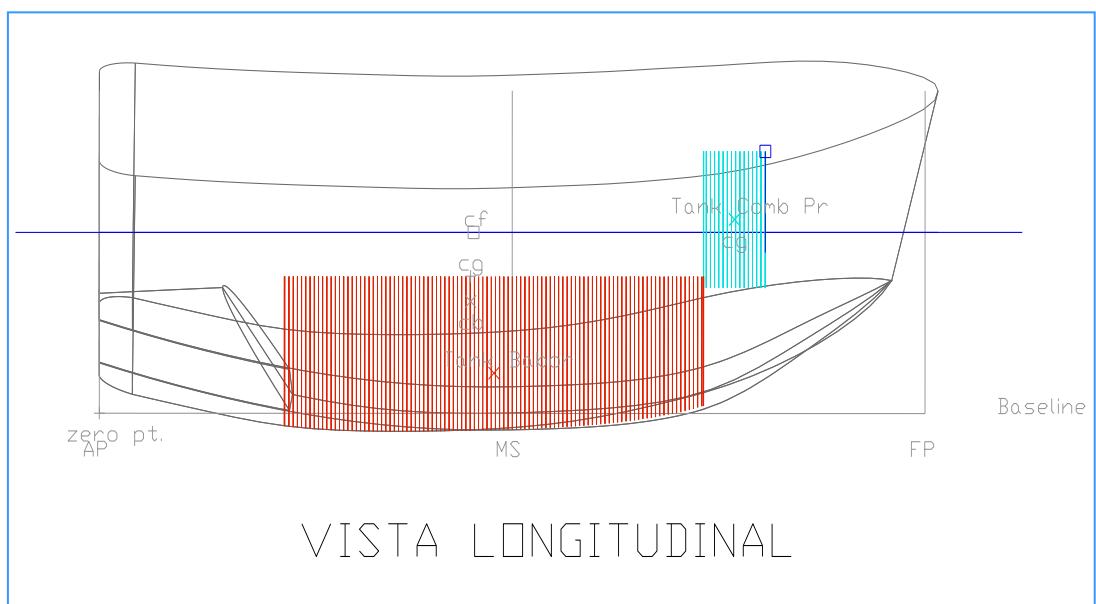


MODIFICACIÓN POR PROBLEMAS DE FLOTABILIDAD Y AVERÍAS

CONDICION 05: AVERIA EN TANQUE DE FLOTACION DE BABOR					
ITEM	Condición	Peso (kg)	Xcg (m)	Zcg (m)	Ycg (m)
Embarcación en Liviano	1	6421.0	2.404	0.679	0
Tripulación	15	75.0	2.203	1.536	0
Tq Comb Pr	100%	151.2	4.120	1.150	0
	Total Weight=	7697	LCG=2.408	VCG=0.814	TCG=0.000
				FS corr.=0	
				VCG fluid=0.814	

Descripción	Valor
Calado en SM (m)	1.073
Desplazamiento (kg)	7697
Escora a Estribor (deg)	-15.5
Calado en FP (m)	1.074
Calado en AP (m)	1.072
Calado en LCF (m)	1.073
Trimado (+ a Pp) (m)	-0.002
Angulo de trimado (+a Pp) (deg)	0.0
Franco Bordo (m)	0.25

Sección Media (SM) a 2.678 m de AP

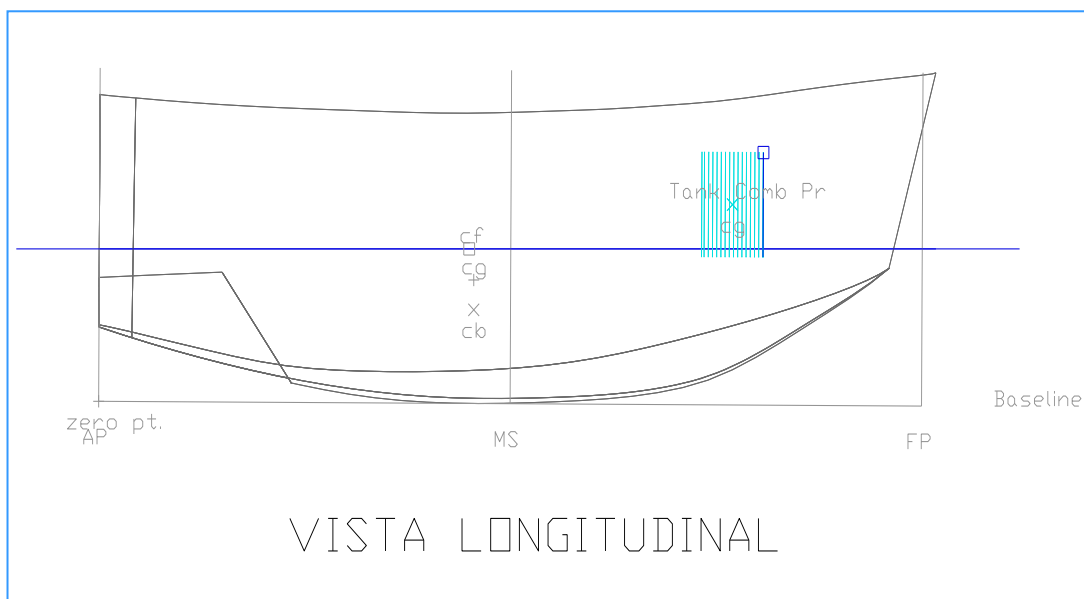


MODIFICACIÓN POR PROBLEMAS DE FLOTABILIDAD Y AVERÍAS

CONDICION 06: EQUILIBRIO INTACTO, NAVEGACION COTIDIANA					
ITEM	Condición	Peso (kg)	Xcg (m)	Zcg (m)	Ycg (m)
Embarcación en Liviano	1	6421.0	2.404	0.679	0
Tripulación	2	75.0	2.203	1.536	0
Tq Comb Pr	100%	151.2	4.120	1.150	0
	Total Weight=	6722	LCG=2.438	VCG=0.709	TCG=0.000
				FS corr.=0	
				VCGfluid=0.709	

Descripción	Valor
Calado en SM (m)	0.888
Desplazamiento (kg)	6723
Escora a Estribor (deg)	0
Calado en FP (m)	0.902
Calado en AP (m)	0.875
Calado en LCF (m)	0.887
Trimado (+ a Pp) (m)	-0.027
Angulo de trimado (+a Pp) (deg)	-0.3
Franco Bordo (m)	0.779

Sección Media (SM) a 2.678 m de AP

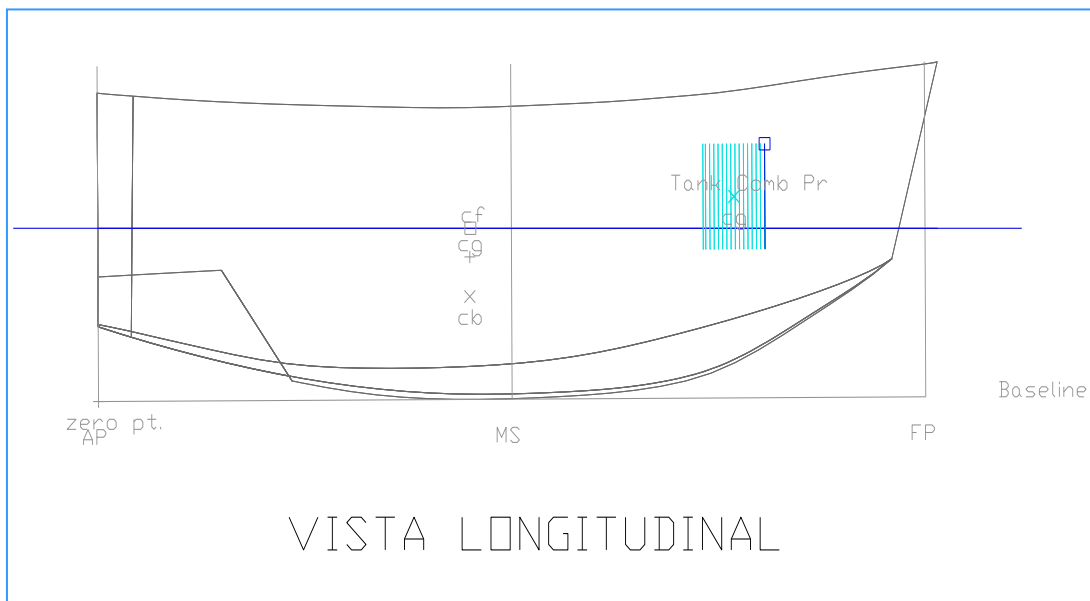


MODIFICACIÓN POR PROBLEMAS DE FLOTABILIDAD Y AVERÍAS

CONDICION 07: EQUILIBRIO INTACTO, NAVEGACION DE SERVICIO					
ITEM	Condición	Peso (kg)	Xcg (m)	Zcg (m)	Ycg (m)
Embarcación en Liviano	1	6421.0	2.404	0.679	0
Tripulación	15	75.0	2.203	1.536	0
Tg Comb Pr	100%	151.2	4.120	1.150	0
	Total Weight=	7697	LCG=2.408	VCG=0.814	TCG=0.000
				FS corr.=0	
				VCG fluid=0.814	

Descripción	Valor
Calado en SM (m)	0.976
Desplazamiento (kg)	7697
Escora a Estribor (deg)	0
Calado en FP (m)	0.962
Calado en AP (m)	0.989
Calado en LCF (m)	0.977
Trimado (+ a Pp) (m)	0.027
Angulo de trimado (+a Pp) (deg)	0.3
Franco Bordo (m)	0.688

Sección Media (SM) a 2.678 m de AP



RECOMENDACIONES FINALES

De acuerdo al estudio desarrollado es necesario hacer las siguientes modificaciones:

Ponerle tanques laterales ya que la cantidad de agua embarcada en su totalidad haría que la panga se hunda.

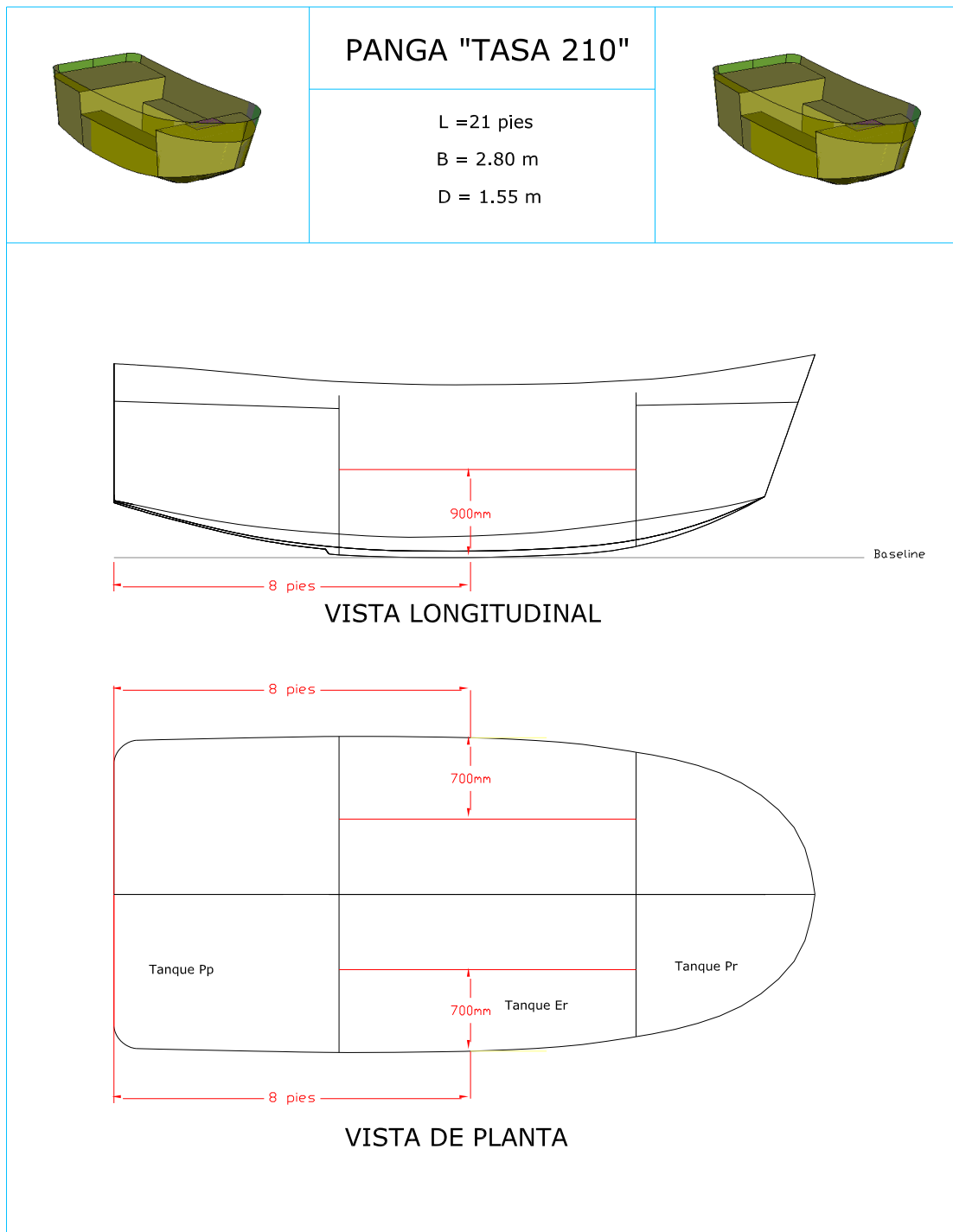
Los tanques de proa y popa se mantienen tal como están, ya q el estudio se realizó en base a esos dos tanques.

Según Reglas de Clasificación y Construcción de Germanischer Lloyd para embarcaciones especiales menores a 24 m de eslora (como es nuestro caso) se requiere una altura de amurada o baranda de 600 mm. La distancia entre la cubierta de los tanques laterales y la borda es mayor a 600 mm.

Por ningún motivo se debe incrementar la altura de la borda, pues en caso de inundación ocasiona un aumento del agua embarcada, con lo cual los tanques de flotabilidad no cumplirían su cometido.

De esta manera, se garantiza la integridad de la nave y su tripulación en cualquier situación de inundación o avería.

ANEXO I: ESQUEMA DE MODIFICACIÓN



ANEXO II: CURVAS HIDROSTATICAS

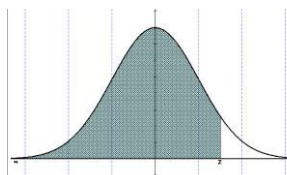
Calado (m)	Δ (kg)	Lwl (m)	Bwl (m)	Sup. Moj. (m ²)	Area Flot (m ²)	LCB (m)	LCF (m)	KB (m)	BMt (m)	BML (m)	TPC (ton/cm)	MTC (ton.m)
0.1	152.4	2.49	1.42	2.92	2.88	2.56	2.55	0.07	2.53	7.90	0.030	0.002
0.2	579.9	3.21	2.06	5.56	5.40	2.52	2.47	0.13	2.88	6.29	0.055	0.005
0.3	1211.0	3.86	2.09	7.50	6.84	2.49	2.44	0.19	2.03	5.62	0.070	0.010
0.4	1973.0	4.42	2.11	9.38	7.99	2.46	2.39	0.26	1.56	5.47	0.082	0.015
0.5	2835.0	4.68	2.13	11.05	8.74	2.44	2.41	0.32	1.21	4.83	0.090	0.019
0.6	3761.0	4.86	2.16	12.60	9.31	2.43	2.44	0.37	0.96	4.26	0.095	0.021
0.7	4745.0	5.02	2.18	14.21	9.91	2.43	2.42	0.43	0.80	3.92	0.102	0.024
0.8	5792.0	5.14	2.20	15.71	10.35	2.43	2.40	0.49	0.68	3.52	0.106	0.026
0.9	6861.0	5.17	2.22	16.92	10.51	2.42	2.41	0.55	0.59	3.05	0.108	0.026
1.0	7948.0	5.20	2.25	18.15	10.68	2.42	2.42	0.60	0.53	2.70	0.109	0.025
1.1	9051.0	5.22	2.27	19.39	10.84	2.42	2.43	0.66	0.48	2.44	0.111	0.025
1.2	10171.0	5.25	2.29	20.63	11.01	2.42	2.44	0.71	0.45	2.23	0.113	0.025
1.3	11308.0	5.28	2.32	21.89	11.18	2.43	2.45	0.76	0.42	2.05	0.115	0.026
1.4	12463.0	5.30	2.34	23.15	11.35	2.43	2.47	0.82	0.39	1.91	0.116	0.026
1.5	13634.0	5.33	2.36	24.42	11.51	2.43	2.48	0.87	0.368	1.79	0.118	0.027
1.6	14823.0	5.36	2.38	25.70	11.69	2.44	2.49	0.93	0.35	1.69	0.12	0.028

* Referencia: Extremo de popa

ANEXO III: VARIABLES UTILIZADAS EN ESTE INFORME

AP : Perpendicular de Popa
 BMI : Radio Metacéntrico Longitudinal
 BMt : Radio Metacéntrico Transversal
 Br : Babor
 Bwl : Manga en la Flotación
 Cb : Centro de Boyantes
 Cf : Centro de Flotación
 Cg : Centro de Gravedad
 Δ : Desplazamiento
 Er : Estribor
 FP : Perpendicular de proa
 Fr Min : Francobordo Mínimo
 FS corr : Corrección por superficie libre
 KB : Altura del centro de boyantes desde la línea base
 LCB : Posición longitudinal del centro de boyantes
 LCF : Posición longitudinal del centro de flotación
 LCG : Posición longitudinal del centro de gravedad del buque
 Lwl : Eslora en la flotación
 MTC : Momento para cambiar el asiento un centímetro
 Pp : Popa
 Pr : Proa
 SM : Sección Media
 TCG : Posición Transversal del centro de gravedad del buque
 TPC : Toneladas por centímetro de inmersión

ANEXO 4. TABLA DE DISTRIBUCION NORMAL.



x	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.00	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
.10	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
.20	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
.30	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
.40	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
.50	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
.60	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
.70	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
.80	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8108	.8133
.90	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9898	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

Fuente. Estadística para Administración y Economía, Autor. Anderson Williams